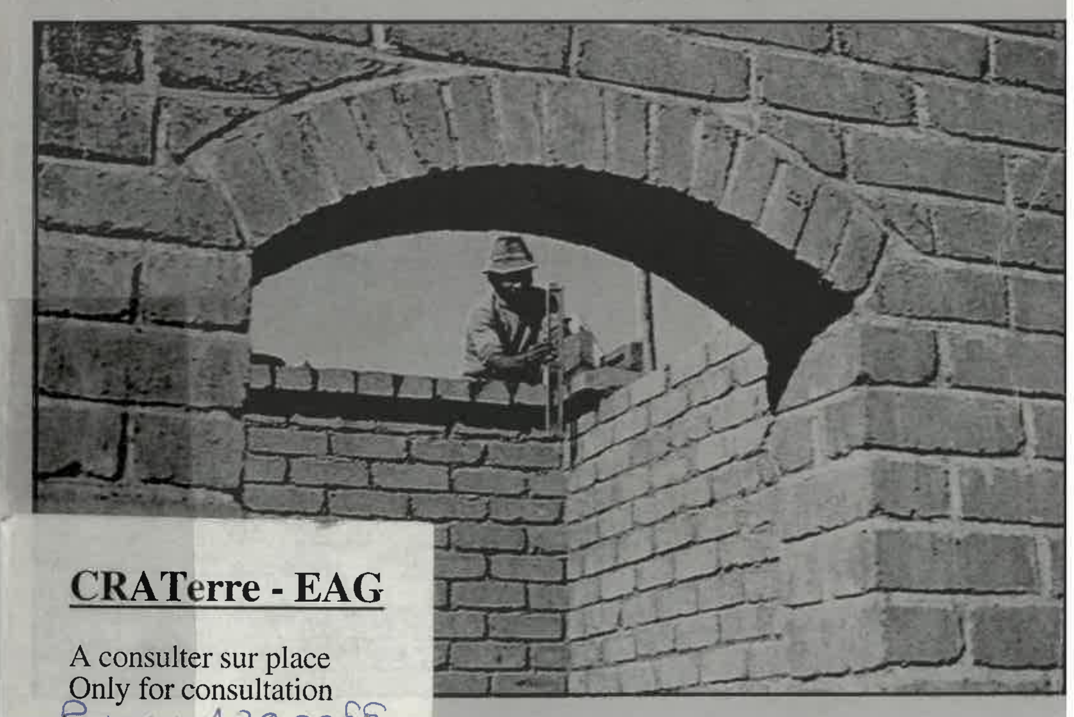
Construir con tierra

Tomo I & II

Titulo original :
Construire en terre, CRATerre.
P. Doat, A. Hays, H. Houben
S. Matuk, F. Vitoux

Traducción del francés :
Clara Eugenia Sánchez
Clara Angel Ospina

FONDO ROTATORIO EDITORIAL
TECNOLOGIA APROPIADA Y PARTICIPACION COMUNITARIA



FONDO ROTATORIO EDITORIAL
Tecnologías Apropiadas y Participación Comunitaria.

El Fondo Rotatorio Editorial es una respuesta a la carencia de documentación existente en Colombia sobre el tema "Tecnologías Apropiadas con Participación Comunitaria".
El Fondo pone a disposición de los técnicos que apoyan procesos de desarrollo comunitarios, herramientas y referencias para la implementación de TA y favorece así el establecimiento de un verdadero diálogo entre técnicos y comunidades de base.

¿Cuáles son sus objetivos?

- Proponer a las Organizaciones No Gubernamentales que trabajan en el campo de la Tecnología Apropiada con Participación Comunitaria, una asesoría para la realización de sus proyectos editoriales y la posibilidad de publicar materiales sobre sus experiencias técnico-sociales y sus trabajos en el campo de la investigación tecnológica.

- Ofrecer una amplia serie de documentos sobre Tecnología Apropiada susceptibles de ser aplicadas por las comunidades organizadas de base; textos de trabajo dirigidos a los técnicos, maestros artesanos, líderes populares y profesionales de las áreas técnica y organizativa, vinculadas a las actividades de las ONG e Instituciones afines.

¿Cuáles son sus actividades?

- Editar informes sobre experiencias, estados del arte sobre técnicas específicas, y material de divulgación popular sobre TA en Colombia.

- Reproducir documentos de TA editados en otros países latinoamericanos que posean importancia particular para la demanda nacional.

- Traducir y publicar aquellos títulos básicos de TA editados en otros idiomas que posean particular interés en el Tercer Mundo.

- Distribuir los títulos editados por el Fondo Rotatorio Editorial y asegurar un servicio de librería dirigido principalmente a profesionales y organizaciones comunitarias.

¿Cuáles Instituciones lo conforman?

El Fondo Rotatorio Editorial es un proyecto conjunto a ENDA América Latina (Organización No Gubernamental Internacional, Medio Ambiente y Desarrollo del Tercer Mundo) que asegura su coordinación; DIMENSION EDUCATIVA y FEDEVIVIENDA (Federación Nacional de Organizaciones de Vivienda Popular).

El Fondo Rotatorio Editorial recibe el apoyo financiero del SKAT (Centro Suizo para la Tecnología Apropiada).

Construir con tierra

Tomo I



Titulo original :
Construire en terre, CRATerre.
P. Doat, A. Hays, H. Houben
S. Matuk, F. Vitoux

Traducción del francés :
Clara Eugenia Sánchez
Clara Angel Ospina

FONDO ROTATORIO EDITORIAL
TECNOLOGIA APROPIADA Y PARTICIPACION COMUNITARIA



Construir con tierra

Tomo I

Traducción del francés:

Clara Eugenia Sánchez
Clara Angel Ospina
ARIT- Arquitectura e Investigación en Tierra

Título original:

Construire en terre
por CRAterre
P. Doat - A. Hays - H. Houben -
S. Matuk - F. Vitoux

Una publicación del

FONDO ROTATORIO EDITORIAL
ENDA América Latina - Dimensión Educativa - FEDEVIVIENDA
Bogotá - Colombia 1990

Editor: FONDO ROTATORIO EDITORIAL
Edición al cuidado de: Luis ROCCA LYNN, ENDA AMERICA LATINA.
Traducción: Clara Eugenia SANCHEZ. Clara ANGEL OSPINA. ARIT,
Diseño de la edición: Luis ROCCA LYNN · Nubia Stella CUBILLOS R.
Artes finales: Nubia Stella CUBILLOS R.
Composición de textos: Crear-Arte.
NOTA: Todas la fotografías y gráficas de esta edición corresponden a CRAterre, con excepción de aquellas en las que se indique lo contrario

Impresión: Editorial PRESENCIA

IMPRESO Y HECHO EN COLOMBIA, Bogotá 1990

BLOQUES DE TIERRA PRENSADOS

Tomo II

Prefacio

La tierra es un material de construcción que no ha tenido publicidad. No obstante, a pesar de su utilización en numerosos lugares de nuestro planeta desde la época prehistórica, es justo que hoy este material sea revalorizado.

La tierra fue víctima por una parte, del menosprecio general sufrido por las arquitecturas menores y, por otra, de su naturaleza considerada "inestable". La arquitectura era de piedra, hecha para la eternidad, o simplemente no adquiría el carácter de tal. Pero la duda se ha abierto paso entre tanta teoría, la arquitectura busca democratizarse y la economía determina de nuevo la escogencia: la tierra, abundante, maleable, fácil de utilizar y que ofrece una gran inercia térmica, atrae la atención de los especialistas.

Entonces, la tierra, abundante, maleable, fácil de utilizar y que ofrece una gran inercia térmica, atrae la atención de los especialistas.

Asistimos hoy a la transferencia de los conocimientos de los artesanos y los obreros, que estaban olvidando las técnicas transmitidas después de milenios, para provecho de los especialistas que tratan de registrar los testimonios, aún vivos, de un saber ancestral. Después de retomar estas técnicas sencillas y este saber, los arquitectos les rinden honores; las coronan con la aureola del conocimiento científico y las someten a la experimentación. Justo retorno de las cosas, pero esta valorización, ¿será suficiente?

La imagen de este material es revaluada y los arquitectos se enfrentan ahora al menosprecio del público, la tierra es mal aceptada o rechazada del todo. La tarea de convencer será larga, habrá que experimentar mucho para generalizar su uso.

Las cualidades arquitectónicas de las construcciones vernáculas, deberán ser reencontradas. Los ejemplos no faltan, en el Suroeste de América del Norte, entre los indígenas que han sido masacrados; en Africa del Norte; en los confines del Sahara o en Africa Occidental, en países que difícilmente salen del colonialismo cultural, en el Medio Oriente, (donde la bonanza petrolera ame-

naza condenar por un tiempo estas técnicas), en fin, en China, donde para decir "construir", se utiliza todavía la palabra que designa el proceso de preparación de la tierra para hacer tapia pisada.

Paciente y modestamente, un equipo de Grenoble, conformado al principio por estudiantes de la Escuela de Arquitectura, hoy arquitectos, profesores e investigadores, recogen desde hace varios años las informaciones, multiplican las encuestas, asesoran proyectos y realizan experiencias en Vignieu, en el Isere, en Africa y en América Latina.

Este equipo entrega aquí el fruto de sus experiencias, sus sondeos, sus ensayos, la acumulación de un saber aprendido en las obras, las fórmulas y los secretos, que servirán a todos aquellos que quieran poner manos a la obra. Recuperación de una técnica, esperando que sirva para que se produzcan ejemplos que utilicen todas las cualidades plásticas y arquitectónicas del material.

Pierre Clement
junio 1979

Introducción
a la edición en español

El reciente interés por las formas y técnicas tradicionales de la arquitectura humana no es simplemente nostálgico, potencialmente es una de las fuentes alternativas de las cuales pueden surgir las respuestas para dar albergue a millones de seres en el mundo futuro, un mundo en el que, paradójicamente, la tradición ofrece más posibilidades que la alta tecnología.

El paradigma de la modernidad contempló la solución global de los problemas humanos mediante la aplicación de los adelantos de la ciencia y la tecnología. La sociedad universal, tecnificada, masificada, uniformemente provista de sus beneficios en cualquier parte del mundo, no se alcanzó a formar. El porcentaje de población humana que se encuentra hoy en día fuera de la modernidad es considerable. Las comunidades primitivas y tradicionales y grupos populares del Tercer Mundo están ahí, con su inmenso y rico bagaje cultural, como contrapartida involuntaria y silenciosa al mundo de la electrónica, el átomo y las comunicaciones. La polarización inevitable entre los dos mundos se ha resuelto al menos parcialmente en los enfoques de la tecnología apropiada. El encuentro entre la racionalidad occidental y la tradición se lleva a cabo hoy en día en múltiples frentes desde la literatura y las artes visuales hasta la medicina y la arquitectura.

La construcción con tierra es tan antigua como la cultura humana. En cada Continente del planeta existen arquitecturas que manejan la tierra formadas en tiempos inmemoriales y sobrevivientes a través del tiempo. La recuperación de este saber tradicional y su inclusión en el campo del saber contemporáneo se lleva a cabo con entusiasmo en muchos centros de investigación europeos y americanos y se proyecta ya en ejemplos realizados en diversos lugares.

El libro "CONSTRUIRE EN TERRE" publicado en París en 1985 puso de presente la importancia y las posibilidades de esta manera de construir. La traducción del texto al castellano por Clara Angel y Clara Eugenia Sánchez y la inclusión de experiencias en el campo de la construcción con tierra en Colombia constituye su aporte invaluable al saber y al ejercicio práctico de la arquitectura nacional. Esta, mucho más que los ejercicios convencionales, burocratizados y comercializados, constituye una aproximación real, creativa y eficaz a la resolución de los problemas de una sociedad a la espera de alternativas para sobrevivir.

Alberto Saldarriaga Roa
Bogotá, Colombia, junio de 1988

Introducción
a la edición francesa

Este manual ha sido realizado colectivamente por los miembros de CRATerre. Cada capítulo ha sido objeto de múltiples consideraciones y críticas. Representa la síntesis de nuestras experiencias personales. Agreguemos que este trabajo nos ha apasionado y enriquecido, tanto a nivel del conocimiento, como en el de la reflexión sobre la práctica. Para nosotros, "construir con tierra" significa: procurar a los pueblos desfavorecidos los medios de mejorar su vivienda, y también permitir que alrededor de las particularidades de este material de construcción, se establezcan relaciones diferentes, dando al usuario el control de su medio. Se vuelve urgente, en efecto, responder a la intromisión de cierto "imperialismo" dentro de la construcción. Que esta respuesta se dé a nivel local o nacional, como en ciertos países del Tercer M.ındo, o a nivel individual, es indiferente, las soluciones pueden coincidir muchas veces. En este manual se encuentran agrupadas algunas experimentaciones, encuestas, como también contactos y documentos. Nos hemos apoyado sobre todo en las experiencias en las cuales hemos participado, (Francia y Argelia), en encuestas realizadas en Dauphinè, Bresse y Alvernia, así como en otros países de Europa, Africa o América Latina, donde hemos establecido contacto con numerosos organismos que están trabajando sobre la construcción con tierra.

Teniendo en cuenta la gran escasez en Francia, de publicaciones sobre el tema, nos ha parecido necesario presentar varias posibilidades. Hicimos énfasis en el material y las técnicas. Tratamos de que cada cual pudiera encontrar en este libro los elementos indispensables para poder juzgar y elaborar soluciones adaptadas a su entorno y a sus aspiraciones. Fue con este propósito que mezclamos ejemplos de países tan diferentes como Yemen, Alemania o Perú.

Por supuesto, las soluciones elaboradas en contextos socioculturales y climáticos diferentes no son intercambiables, pero su confrontación nos pareció un elemento importante para incitar a la imaginación a la búsqueda de posibilidades originales.



La tierra es uno de los más antiguos materiales de construcción en la historia de la humanidad. Las civilizaciones persa, asiria, egipcia y babilónica, la utilizaron en abundancia, y los ejemplos que han perdurado muestran que los antiguos no dudaron en emplearla en obras a veces monumentales: arco de Ctesiphon en Irak, y en confiarle sus bienes más preciados para toda la eternidad: pirámides en Saggara, Egipto, (construidas durante la Primera Dinastía). Menos conocidas son las ruinas de Chan-chan en el Perú, la más grande ciudad precolombina de América del Sur: ella ocupaba una superficie de catorce kilómetros cuadrados.

La arquitectura de tierra no es solamente una curiosidad arqueológica, debemos tener en cuenta que hoy la mitad de la población del mundo habita en construcciones de tierra.

Este material sigue siendo preponderante en casi toda el Africa, el Medio Oriente y América Latina. Es igualmente una forma de habitat vernáculo en China e India. En Europa, aunque prácticamente olvidadas ahora, las construcciones en tierra siguen siendo parte del paisaje cotidiano: se les vuelve a encontrar en Suecia, Dinamarca, Alemania y en los países del Este, e igualmente en Gran Bretaña y España. En Francia, utilizando el material de diferentes maneras, los ejemplos son numerosos:

- *tapia pisada* en Dauphinè, Lyon, Alvernia, Bretaña y Beauce;
- *ladrillo crudo* en el valle de Garonne y en Ile de France:
- *torchis** en Alsacia, Normandía, Picardie y en Bresse;
- *bauge** en Vendèe y en Camargue.

* *Torchis:* mezcla de tierra, agua y fibras vegetales utilizada con una estructura de madera para levantar muro. (V. capítulo VIII).

** *Bauge:* designa una mezcla de tierra y paja para construir muros sin utilizar enconfrado; utilizada tradicionalmente en Francia (V. capítulo II).

Hoy, en los países industrializados, el interés por la tierra se manifiesta de diversas maneras. La primera, desarrollada en el Suroeste de los Estados Unidos, nació de la aspiración a un medio más "humano". El concreto y los materiales plásticos, sinónimo de "progreso" se han convertido en los símbolos de una tecnología fría y sin alma.

Toda esta región (Nuevo México, Arizona y el Sur de California), vive una moda creciente de la construcción en adobe (ladrillo crudo). Se encuentran veintiocho fabricantes de adobe en ésta región, de los cuales quince se localizan en Nuevo México, además de una cantidad considerable de pequeños artesanos. Esta arquitectura, heredera de las tradiciones indígenas y españolas, presenta un carácter regional único en Estados Unidos. Una encuesta reciente sobre el hábitat en adobe, (realizada entre veinte familias de clase económica alta —US$25.000 anual— de la región de Tucson, Arizona) revela la parte afectiva relacionada con este material: *"La casa está hecha con muros vivientes; la gente está contra lo artificial, el plástico, el mundo manufacturado, ven su casa* natural, *salida de la tierra".*

"El adobe es uno con la naturaleza. Los muros gruesos dan sensación de seguridad. La casa de adobe crea un ambiente armónico con la región del Suroeste".

"La casa se ajusta al contexto del desierto: le pertenece".

Esta referencia a lo "natural" no es más que una moda pasajera, o ¿una reacción a la incapacidad de la arquitectura convencional por responder a las exigencias de los habitantes?

El segundo punto de interés en la construcción con tierra es provocado por el alza creciente del costo de la energía, que repercute sobre productos como el cemento y el ladrillo cocido. Mc. Killop ha demostrado que si la energía consumida por un ladrillo crudo es de 2Kw.h, un ladrillo del mismo tamaño estabilizado con cemento no consume sino 0.05kw.h. Los análisis recientes de los costos "ecológicos" de los procedimientos de construcción, haciendo intervenir el "costo social" (mantenimiento de las vías de construcción, servicios sociales...), muestran que el empleo de los materiales de construcción menos caros en el mercado —aglomerados de cemento— no pueden ser, a largo término, la solución más pertinente.

Dentro de este marco la tierra presenta un interés ecológico evidente. La solución podría encontrarse con el ladrillo estabilizado en frío. Este último nació de las técnicas de moldeado de ladrillo clásicas, pero la cocción se reemplazó por una compactación más fuerte y por la adición de productos estabilizantes (cemento, cal, productos químicos). Se obtienen por este método productos manufacturados y controlados por el fabricante, directamente comercializables. Sociedades danesas y alemanas han perfeccionado, a par-

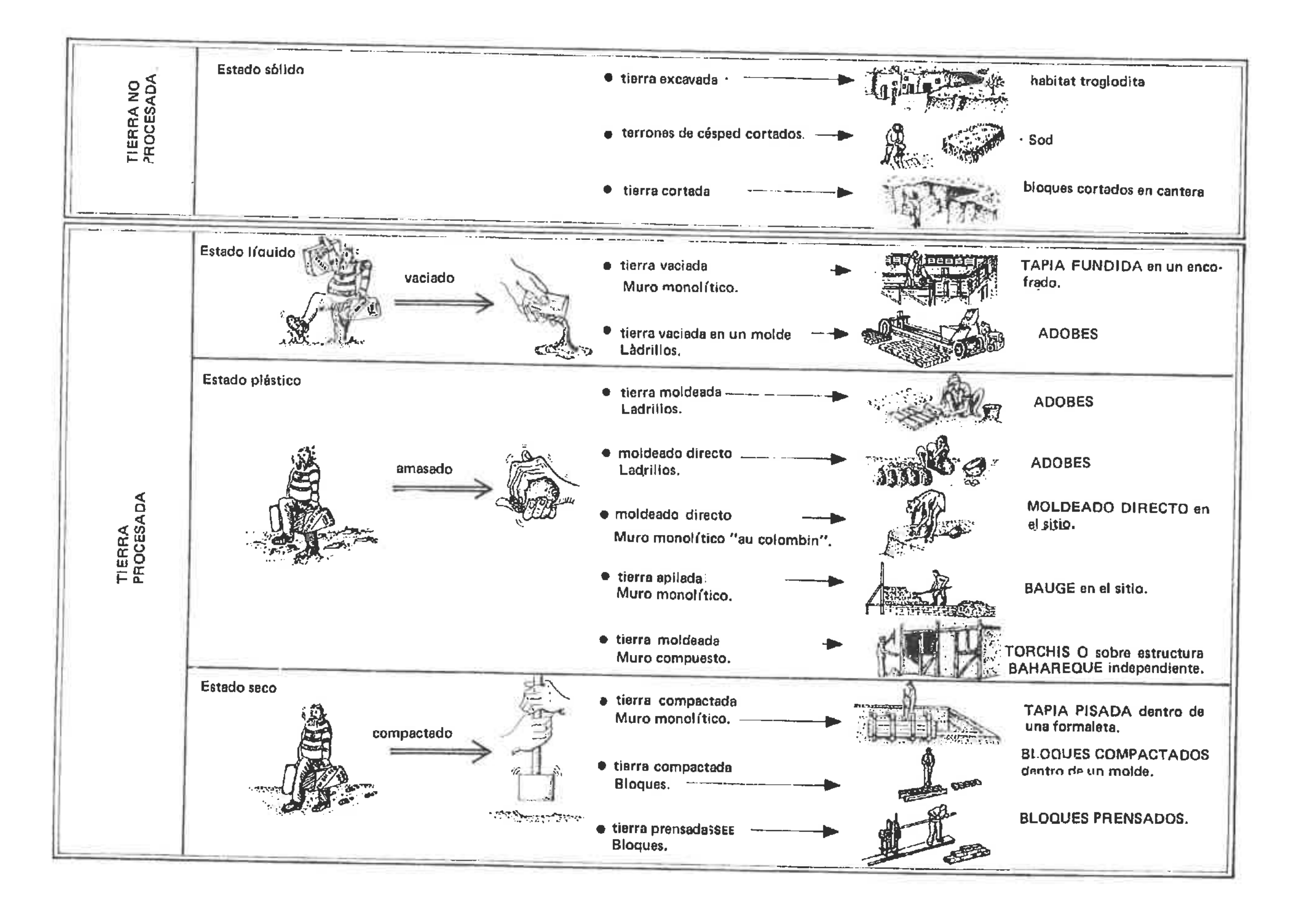
tir de prensar para ladrillos sílico-calcáreos, unidades de producción de bloques estabilizados en frío que alcanzan producciones de 1.500 unidades/hora. En éste sentido se pueden concebir verdaderas fábricas e igualmente una producción de carácter artesanal, utilizando un equipo más liviano, pequeñas prensas hidráulicas o mecánicas.

La técnica de la construcción con tierra es actualmente lo suficientemente segura para competir con los materiales clásicos. Heredera de una tradición popular, posee las ventajas de una tecnología simple. Al tiempo que demanda poca inversión en materiales, es fácilmente adaptable. Se puede orientar su aplicación a formas de producción muy diferentes: empresa industrial, artesanal, grupo cooperativo de auto-constructores, autoconstrucción en medio rural, etc. Frente a esta tecnología tan promisoria, cabe preguntarse si se deben añadir el bloque comprimido y el H.T.E. (Hormigón de tierra estabilizada) a la lista de los nuevos materiales vendidos en el mercado, o si no existe dentro de este modo de construcción la posibilidad para el usuario de producir y decir sobre su propio hábitat.

Para responder a esta última condición, una tecnología debe ser en primer lugar "apropiable". La tecnología moderna escapa más y más al control de la población. Sofisticada, y en consecuencia, costosa y delicada, se volvió asunto de especialistas. Estos últimos, atrapados en su propia trampa y preocupados por conservar su poder total o parcialmente, como medio de justificar su rol en la sociedad, se han asegurado progresivamente, a través de normas, reglamentos y especificaciones, una suerte de monopolio de la tecnología y de sus aplicaciones más cotidianas. La construcción de casas, por ejemplo, que dentro de la sociedad tradicional era uno de los conocimientos comunes, se transformó hoy en una ciencia de profesionales, frente a los cuales el usuario se encuentra desarmado.

Debe haber ahí re-apropiación por parte del grupo humano, de los conocimientos técnicos que necesite para su desarrollo. Una técnica, aunque simple, si no es "apropiada" por el grupo que la hará verdaderamente suya se tornará inadecuada. Esto es más evidente en las tecnologías Occidentales implantadas en un medio poco apto para recibirlas, como es el caso frecuente en los países del Tercer Mundo; éstas no tienen otro resultado que el de desestructurar y perturbar un poco más estas culturas, generalmente todavía en la búsqueda de su identidad.

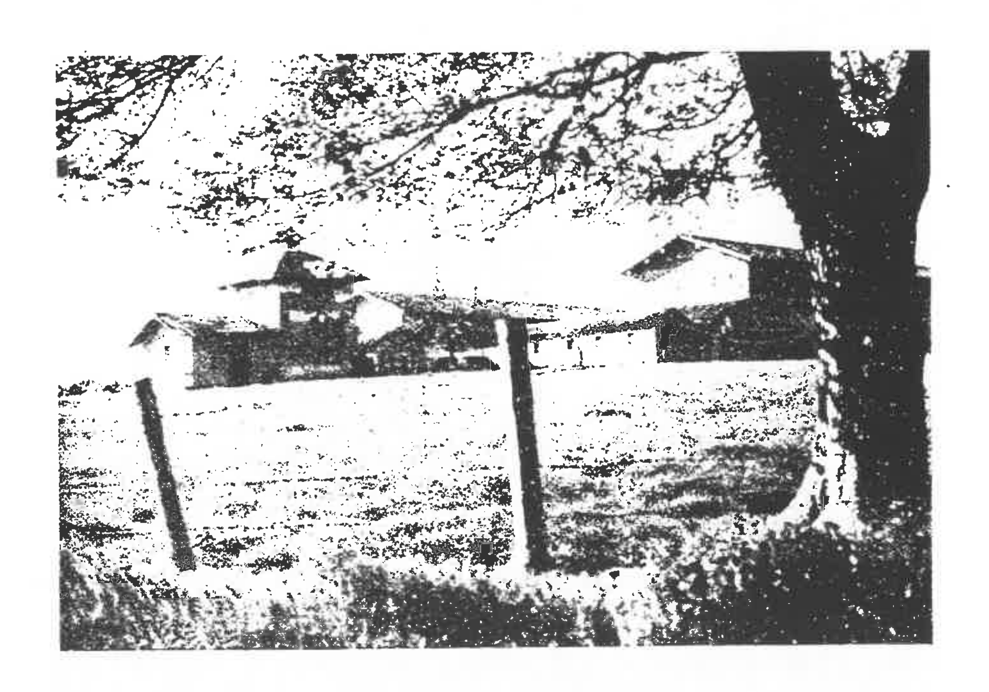
Una de las características de la construcción con tierra, es la gran variedad de técnicas. Limitándose solamente a los ejemplos encontrados en Francia, se encuentran: la tapia pisada, el torchis, el ladrillo crudo, la bauge, y cada vez, tipologías de construcción totalmente diferentes. Aquí presentamos las técnicas de la tapia pisada, tapia fundida (banche coulée), el moldeado directo, el adobe o (ladrillo crudo), los bloques comprimidos, así como las técnicas "mixtas" que combinan la tierra con otros materiales (fibras vegetales o ma-

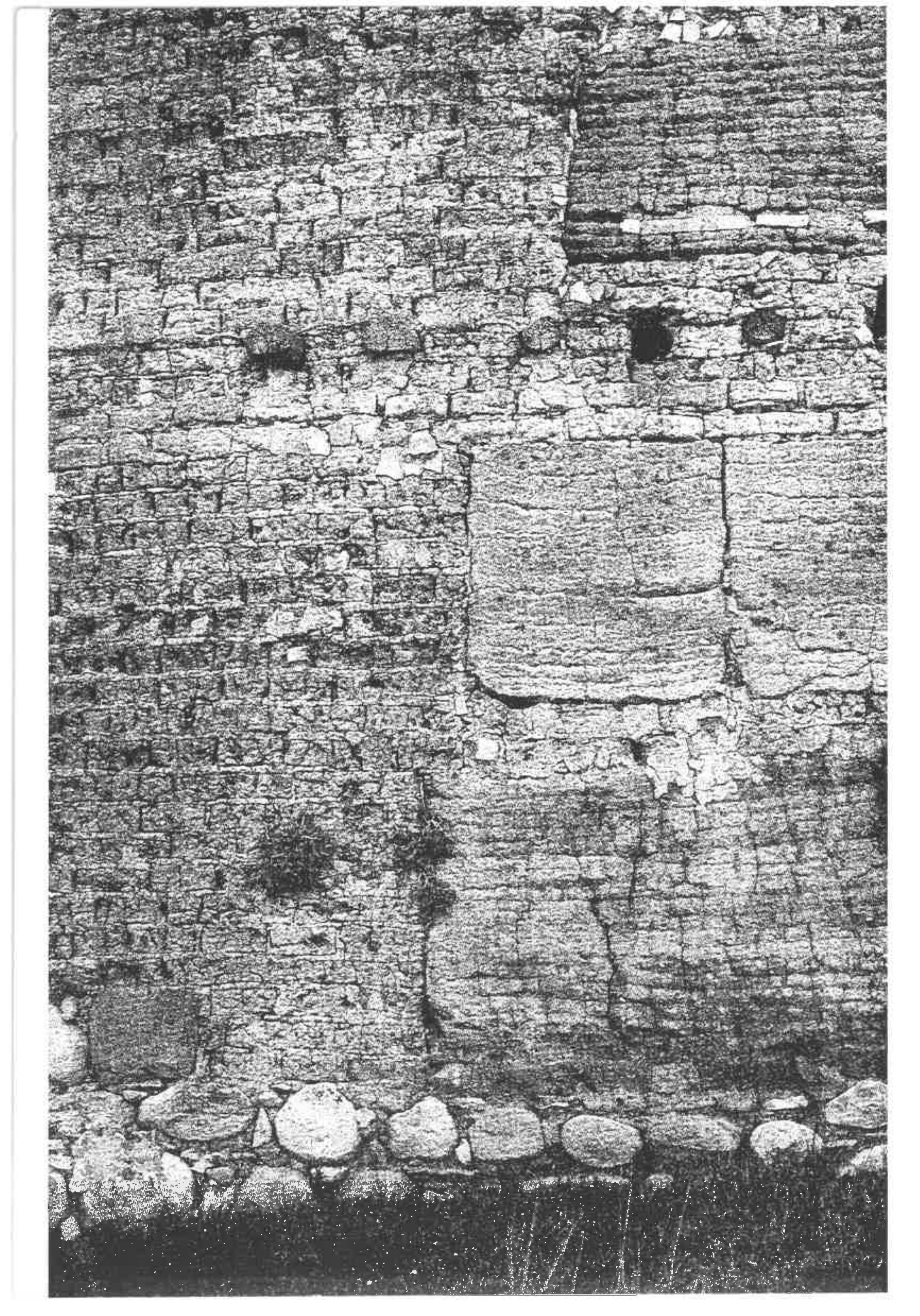

TIERRA NO PROCESADA
Estado sólido
tierra excavada
habitat troglodita
terrones de césped cortados.
Sod
tierra cortada
bloques cortados en cantera
TIERRA PROCESADA
Estado líquido
vaciado
tierra vaciada
Muro monolítico.
TAPIA FUNDIDA en un encofrado.
tierra vaciada en un molde
Ladrillos.
ADOBES
Estado plástico
amasado
tierra moldeada
Ladrillos.
ADOBES
moldeado directo
Ladrillos.
ADOBES
moldeado directo
Muro monolítico "au colombin".
MOLDEADO DIRECTO en el sitio.
tierra apilada
Muro monolítico.
BAUGE en el sitio.
tierra moldeada
Muro compuesto.
TORCHIS O BAHAREQUE sobre estructura independiente.
Estado seco
compactado
tierra compactada
Muro monolítico.
TAPIA PISADA dentro de una formaleta.
tierra compactada
Bloques.
BLOQUES COMPACTADOS dentro de un molde.
tierra prensada
Bloques.
BLOQUES PRENSADOS.

dera). Estos son los procedimientos más conocidos y los más extendidos en el mundo. No hablaremos del ladrillo cocido, de la tierra armada, del hábitat troglodita, ni de las técnicas demasiado particulares de corte de bloques del suelo; del "sod" (bloques recortados con tierra y césped), o de la "tierra lanzada".

El cuadro (figura 2) agrupa las técnicas según el "estado" del material en el momento de su utilización: estado sólido, plástico, líquido o seco. Si la tierra, una vez seca presenta más o menos las mismas características físicas, cualquiera que sea la manera como se haya utilizado, el grado de humedad o de plasticidad del material influye fuertemente sobre la puesta en obra: Las técnicas de moldeado de una tierra húmeda o de una tierra seca son completamente diferentes, el tiempo de secado varía enormemente, etc. El cuadro indica al constructor la posibilidad de utilizar el material variando el contenido de agua.

La tapia pisada





1 La tapia pisada

La tapia pisada es un método de construcción con tierra que se emplea aún en países tan diferentes como Dinamarca, Marruecos, Perú o la China... En Francia, se encuentran numerosas casas de tierra, de tamaño frecuentemente imponente, especialmente en el Dauphiné, Lyon, Alvernia y Bretaña. Actualmente es cada vez más difícil distinguir estas casas de las construcciones recientes porque la mayoría están pañetadas. Así se pueden ver parecidas a sus hermanos de piedra, en las cuales todo el mundo ve un desafío al tiempo. El habitat en tapia pisada también resiste el paso de los años. A veces se encuentran muros de tierra, que con más de trescientos años, aún abrigan a una parte de la población rural.

Aquí explicamos los diferentes pasos de esta técnica a partir de antiguos documentos. Algunos han salido de estudios muy detallados sobre su puesta en obra; nosotros utilizamos extractos de: Goiffon, "L'art du maçon piseur" (1772) y de Cointereaux, "Les cahiers de l'Ecole d'Architecture Rurale" (1790). Estos autores influenciaron notablemente en su tiempo países como Alemania y la misma Dinamarca, donde se construyeron utilizando esta técnica, más de 200 viviendas rurales, entre 1800 y 1870, igual que las caballerizas del Palacio Real de Frederiksberg (L = 89m, A = 15m, h = 6.5m). Si se cree a Goiffon, el origen de tapia pisada remonta a los antiguos romanos y se transmitió de generación en generación dentro de Lyon y las provincias vecinas.

LA TAPIA PISADA TRADICIONAL

"La tapia pisada es un procedimiento por medio del cual se construyen casas con tierra, sin sostenerlas con piezas de madera y sin mezcla de paja o relleno. Este método consiste en apisonar, capa por capa, en medio de dos tablones con el espesor normal de los muros de piedra, tierra preparada con este propósito. Apisonada de esta manera, la tierra se liga, toma consistencia, y forma una masa homogénea, que puede ser elevada hasta la altura necesaria para una casa". *(Cointereaux)*.

La tierra utilizada se extrae directamente del suelo. Demasiado seca, para tener suficiente cohesión, debe ser apisonada. Según los textos de Cointereaux, el abate Rosier y Rondelet, se pueden hacer algunas observaciones relativas a la construcción en tapia pisada. Esta presenta a sus ojos innumerables ventajas:

— Rapidez en la construcción
— Costo mínimo
— Economía de madera
— Aislamiento térmico
— Transformación en abono a la demolición.
— Resistencia al fuego
— Solidez y durabilidad

"Cuando los muros en tapia pisada están bien hechos, forman una sola pieza y si están bien protegidos al exterior por un buen pañete, pueden durar siglos. En 1764, yo fui encargado de restaurar un viejo castillo en el departamento de Ain. Había sido construido en tapia pisada hacía 150 años. Los muros habían adquirido una dureza y una consistencia iguales a las piedras blandas de mediana calidad, como las de St-Ley. Fue obligatorio para agrandar los vanos y hacer nuevas aberturas, utilizar cinceles, como si fuera piedra de tallar". *(J. Rondelet)*

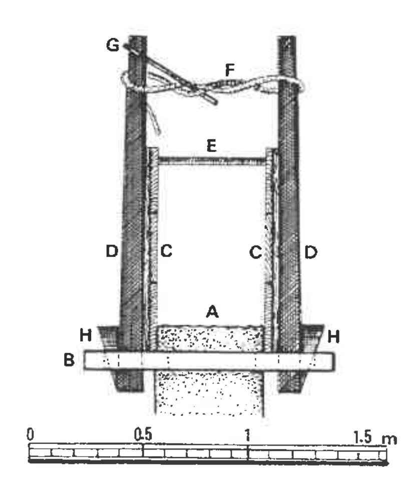
LAS HERRAMIENTAS

Las herramientas presentadas *(fig. 7)* han sido utilizadas durante más de dos siglos en las provincias de Lyon y Alvernia. Describiremos otras herramientas provenientes de regiones o de países diferentes, con el fin de comprender mejor las variaciones de la puesta en obra de esta técnica.

La formaleta (figs. 8 y 9)

Para hacer cada costado de una formaleta de 90 cms. de altura, se necesitan tres o cuatro tablas rectas, de madera seca, de 3 cms. de espesor, 3.25 mets. de longitud y más o menos 30 cms. de ancho. Estas se pueden cepillar para obtener un paramento liso y evitar que la tierra

FIGURA 8: FORMALETA LIONESA



A- **muro** *en tapia pisada de 48.6 cms. de espesor.* **-B- aguja** *apoyada en una ranura a través del muro.* **-C- paneles** *de la formaleta. Estos abrazan 8 cms. de la hilada precedente del muro.* **-D- parales** *cuyos espigos penetran entre las cajas de las agujas.* **-E- codal,** *palo pequeño que fija la separación de los paneles en la parte superior; su longitud es, en este ejemplo, 13 mms. inferior al ancho de la base de la formaleta, a fin de crear un declive (fruto) en el muro.* **-F- cuerda** *de alrededor de un cm. de diámetro atando los extremos de los parales.* **-G- bastón** *que acorta la cuerda a voluntad y se sostiene contra un paral.* **-H- cuñas** *hincadas en las cajas de las agujas aseguran los parales y los paneles en la parte inferior.*

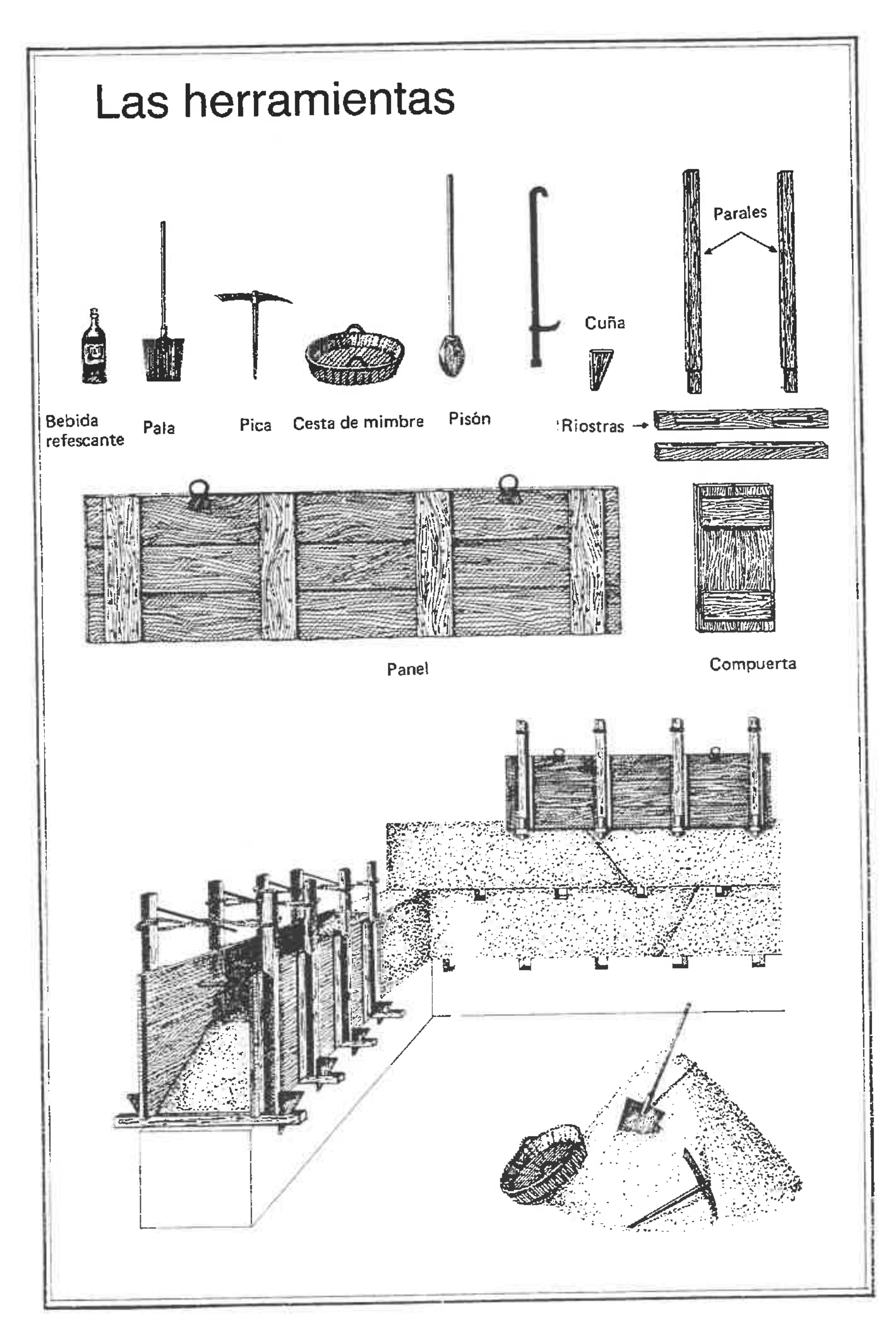

Las herramientas
Parales
Cuña
Bebida refescante
Pala
Pica
Cesta de mimbre
Pisón
Riostras
Panel
Compuerta

FIGURA 7

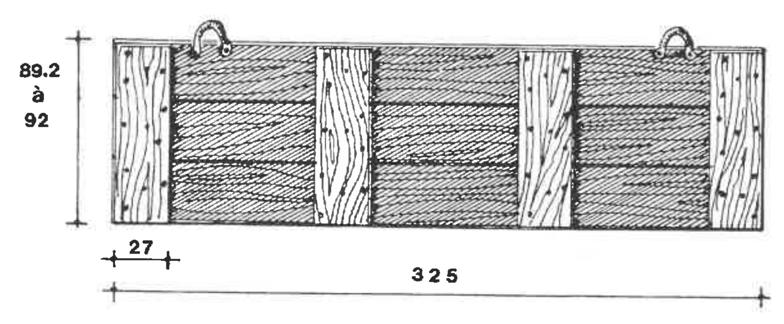


FIGURA 9: PANELES DE FORMALETA

se adhiera a la formaleta. Después se ensamblan con cuatro montantes o barras, de 27 cms. las de los extremos y de 21 cms. las demás.

Dimensiones óptimas propuestas por Goiffon:

longitud: 2.60 mts. (min: 1.60 mts.; max: 4.20 mts.)
altura: 80 cms. Así la formaleta no es muy pesada y es fácil entrar y salir de ella.



Riostra en forma de tronco de pirámide

FIGURA 10

Las tablas son machihembradas para ensamblarlas (ranura y lengüeta). Para facilitar su manejo se les pueden poner manijas de hierro. En Alvernia, en la región del Puy-de-Dôme, las formaletas son un poco diferentes:

—Las riostras se tallan en madera en forma de cuña, para facilitar su extracción del muro *(fig. 10)*.

—Se utilizan "yugos" *(fig. 11)* para sostener los parales en la parte superior. Estos no tienen forma de cuña generalmente, por lo cual una riostra puede servir de yugo mientras que el inverso es imposible.

—Además de los codales, se utilizan los tornapuntas, es decir pedazos de madera, un poco más largos que aquellos, localizados oblicuamente entre los parales. Estos sirven para corregir la verticalidad de la formaleta con la ayuda de la plomada de hilo, la cual se fija al yugo y cuelga por el costado interno del panel.

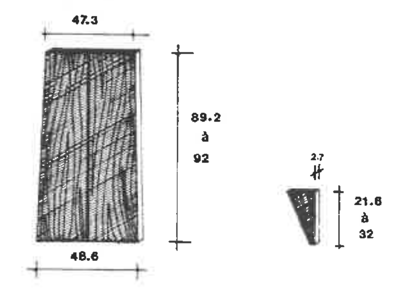


FIGURA 12: TAPA DE FORMALETA Y CUÑA

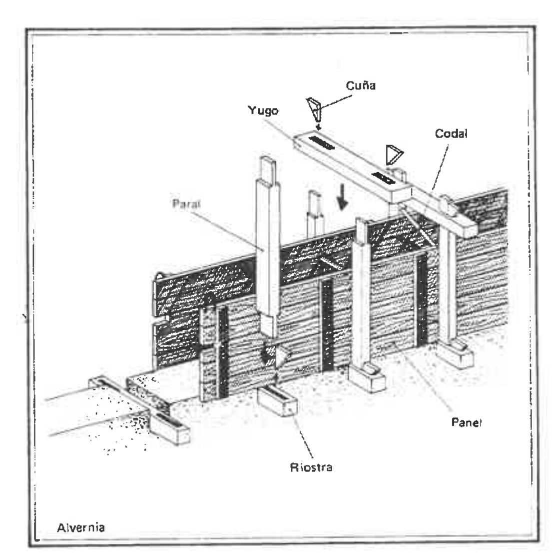


FIGURA 11: FORMALETA DE ALVERNIA

El tornapunta da rigidez al rectángulo formado por la aguja, los dos parales y el yugo, a fin de evitar que se deforme.

La tapa de la formaleta

Compuerta o testero *(fig. 12)*, la cual está formada de dos tablas ensambladas por medio de otras dos tablas más pequeñas, colocadas en el exterior. Los testeros más anchos en la base permiten dar declive al muro.

Los parales

O costales *(fig. 13)* se hacen en madera aserrada de sección cuadrada con una longitud de 1.62 mts. rebasan la altura de la formaleta en por lo menos 50 cms. Los parales rematan en un espigo de 2.7 cms. de espesor.

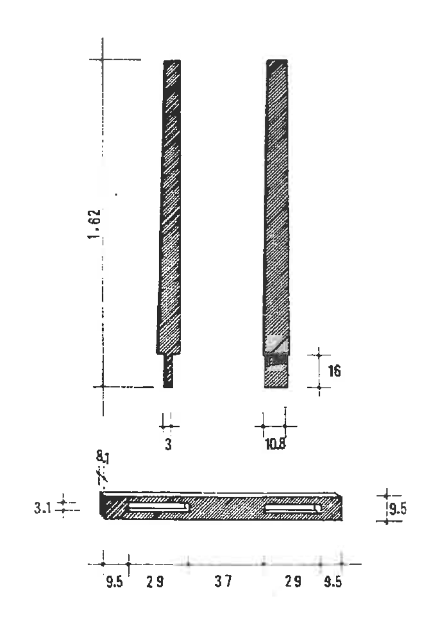


FIGURA 13: PARALES Y RIOSTRA

Las riostras

Agujas o travesaños inferiores *(fig. 13)* se hacen de madera dura (roble, fresno...) y tienen un espesor de 8 cms., un ancho de 9.5 cms. y una longitud de 1.14 mts. A 9 cms. de los extremos, se tallan las cajas de 20 por 3 cms. Para una formaleta de 2.60 mts, Goiffon propone cuatro riostras, cada 80 cms. y precisa que las cajas deben tener un plano inclinado con el mismo ángulo que la cuña *(fig. 14)*.

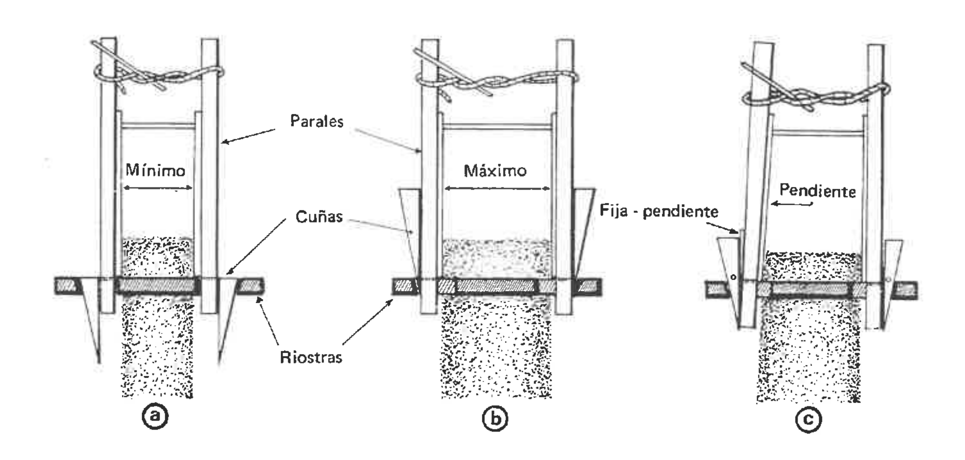


FIGURA 14: (a) y (b) LA SEPARACION DE LAS FORMALETAS VARIA EN FUNCION DEL HINCAMIENTO DE LAS CUÑAS— (c) MANERA DE MONTAR LA FORMALETA PARA CONSTRUIR EL MURO CON PENDIENTE

Las cuñas

Sirven para apretar los parales y los paneles contra la hilada del muro ya hecha, al introducirlas entre las cajas de las agujas. Juegan un papel importante en la plomada de la formaleta, su lado en contacto con los parales debe estar vertical. Su ángulo debe ser muy agudo para garantizar un buen acuñamiento, generalmente el mismo de la caja de la aguja. Hincándolas en mayor o menor grado, se determina el espesor del muro. Por ejemplo, si se tiene una aguja con dos cajas de 19 cms., separadas 43 cms. entre sí, las cuñas de 11 cms. de ancho por 43 cms. de alto, los largueros de 8 y los paneles de 2.5 cms. de espesor, tendremos un espesor mínimo del muro de 38 cms. cuando las cuñas penetren el máximo posible dentro de las cajas *(fig. 14a)*.

Si las cuñas penetran el mínimo, se obtiene un espesor máximo de los muros (54 cms. en el ejemplo) *(fig. 14b)*. A fin de mantener constante el espesor del muro, se les hace un

hueco justo por encima de la riostra en el cual se introduce un pasador. Si se desea hacer un muro con declive, es decir con la superficie exterior oblicua, (esto con el fin de retroceder a medida que se sube, (como era muy frecuente en las casas de tapia pisada), es práctico insertar una pequeña cuña suplementaria entre la cuña propiamente dicha y el paral exterior. Este pieza se denomina fija-declive *(fig. 14c)*. La inclinación de la superficie externa del muro depende de las dimensiones de esta cuña. Se utilizaba a guisa de fija-declive, un triángulo de madera cuya pendiente era de 5mms. por 32.5 cms. de altura.

LA TIERRA

Escogencia

No todas las tierras son adecuadas para la construccion en tapia pisada. Se estima que la mejor tierra debe estar compuesta por:

- gravilla: 0 a 15 %;
- arena: 40 a 50% ;
- limo: 35 a 20%;
- arcilla: 15 a 25%.

Según aseguran los ancianos pisadores de la región de Iseaux, se escoge una tierra roja, no orgánica, no demasiado húmeda y se construye preferentemente en primavera, cuando la tierra "trabaja" o "sube la savia".

Extracción y preparación

Según Cointereaux se trata de... "picar la tierra, deshacer los grumos con la cabeza de la pica o con las palas, a fin de dividirla bien. Después se hace un montón, lo cual es esencial, porque los obreros lanzando paladas de tierra hacia lo alto del montón, obligan a las piedras, grumos, a rodar al pié de éste. Allí se les retira fácilmente con la ayuda de un rastrillo que no toma sino las piedras de tamaño superior al de una nuez.

"No se prepara más tierra, amontonándola así, que aquella que los pisadores pueden utilizar en un día, y si el tiempo es lluvioso, conviene tener cerca de sí, algunas tablas, esteras o telas viejas para cubrir el montón a fin de que la lluvia no moje la tierra. En efecto, no se puede utilizar la tierra sino cuando no está completamente seca ni empapada. Es imposible apisonar la tierra mojada por la lluvia. Durante las grandes sequías, se tiene el recurso de humedecer la tierra al grado deseado, con una regadera.

"Se deben excluir todos los vegetales de la tapia pisada: raices, hierbas, briznas de paja o pedazos de madera (...) que pueden podrirse...".

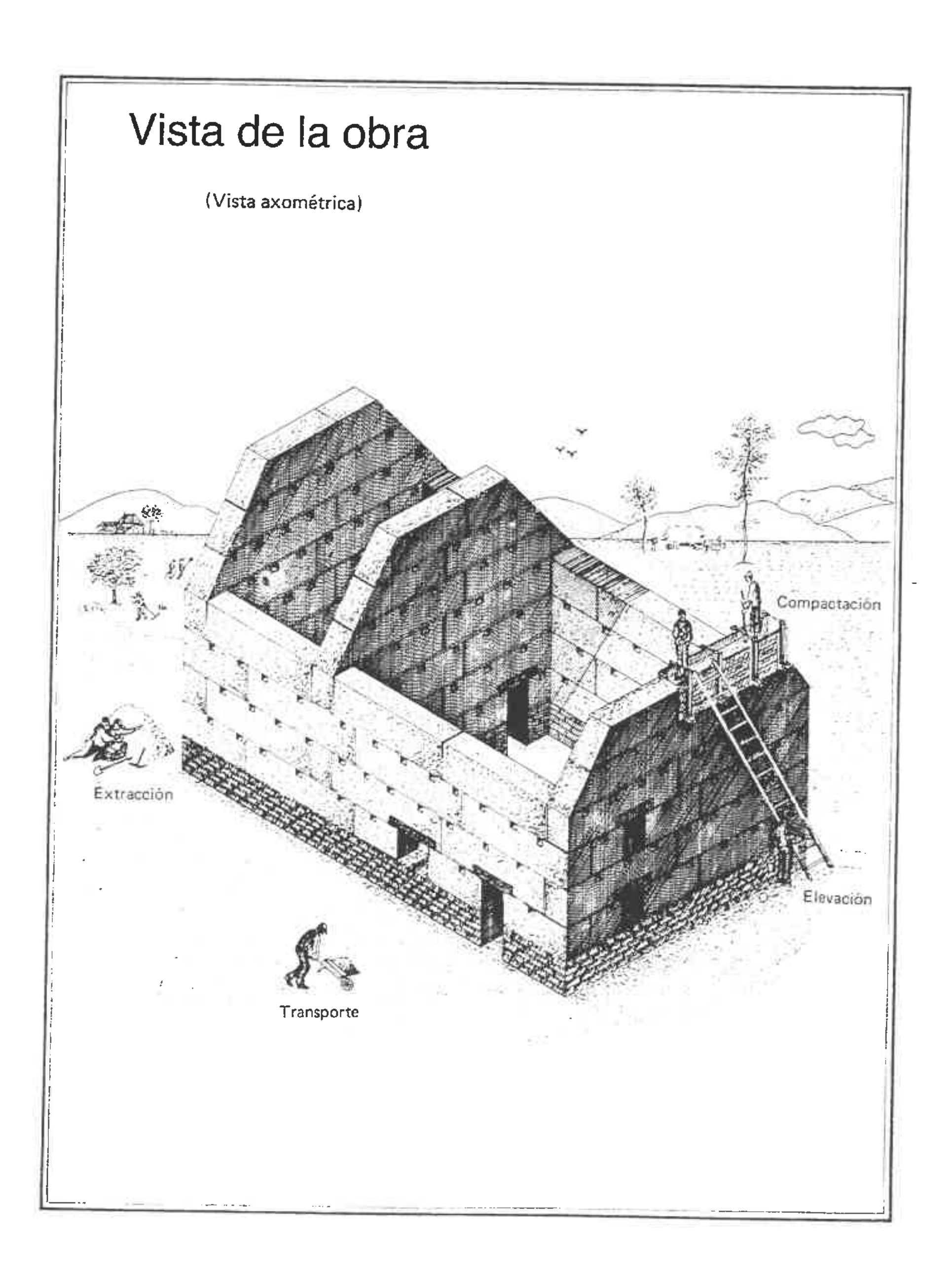

Vista de la obra
(Vista axométrica)
Compactación
Extracción
Elevación
Transporte

FIGURA 15

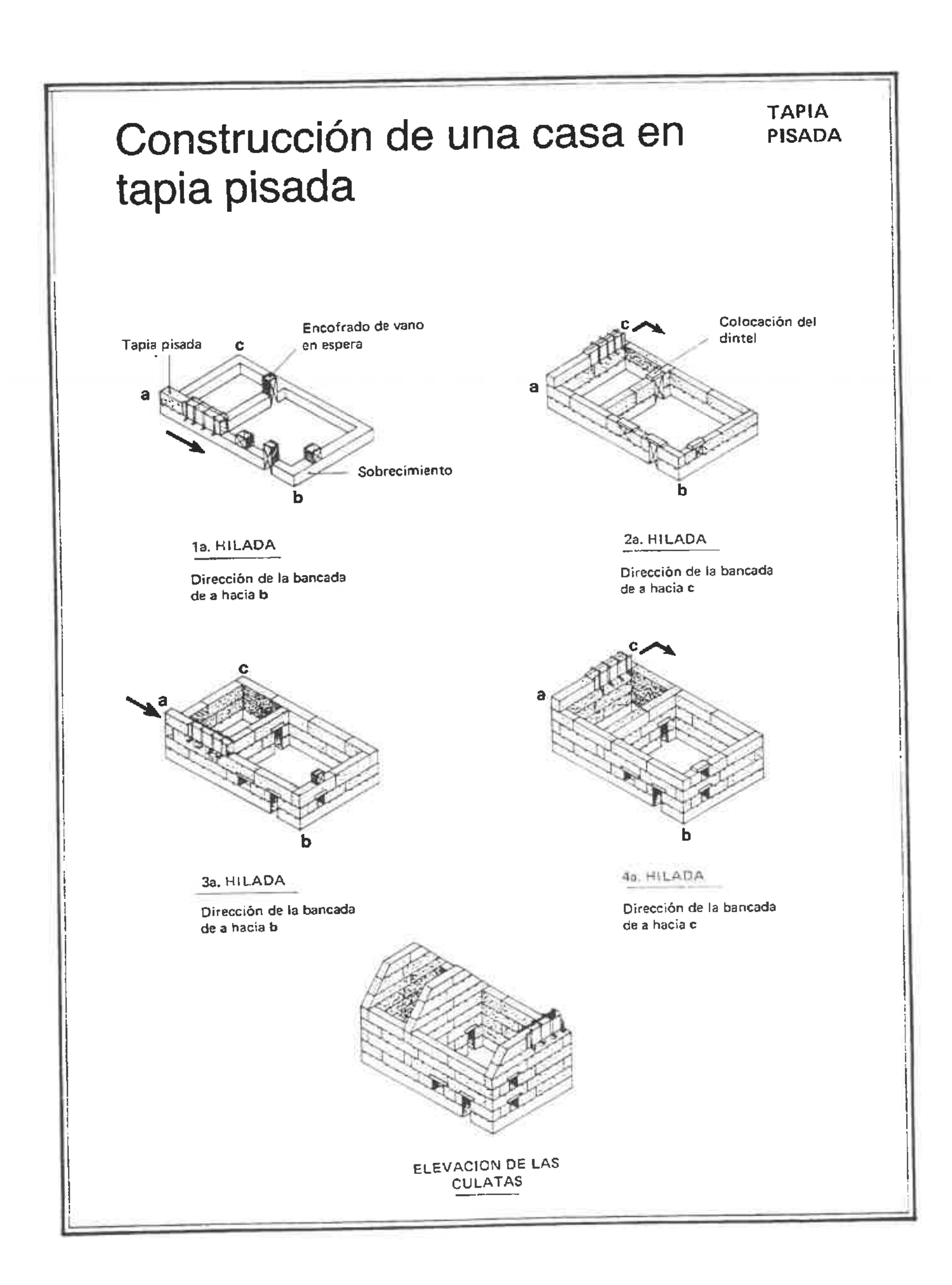

Construcción de una casa en tapia pisada
TAPIA
PISADA
Tapia pisada
c
Encofrado de vano
en espera
a
Sobrecimiento
b
1a. HILADA
Dirección de la bancada
de a hacia b
c
Colocación del
dintel
a
b
2a. HILADA
Dirección de la bancada
de a hacia c
c
a
b
3a. HILADA
Dirección de la bancada
de a hacia b
c
a
b
4a. HILADA
Dirección de la bancada
de a hacia c
ELEVACION DE LAS
CULATAS

FIGURA 16

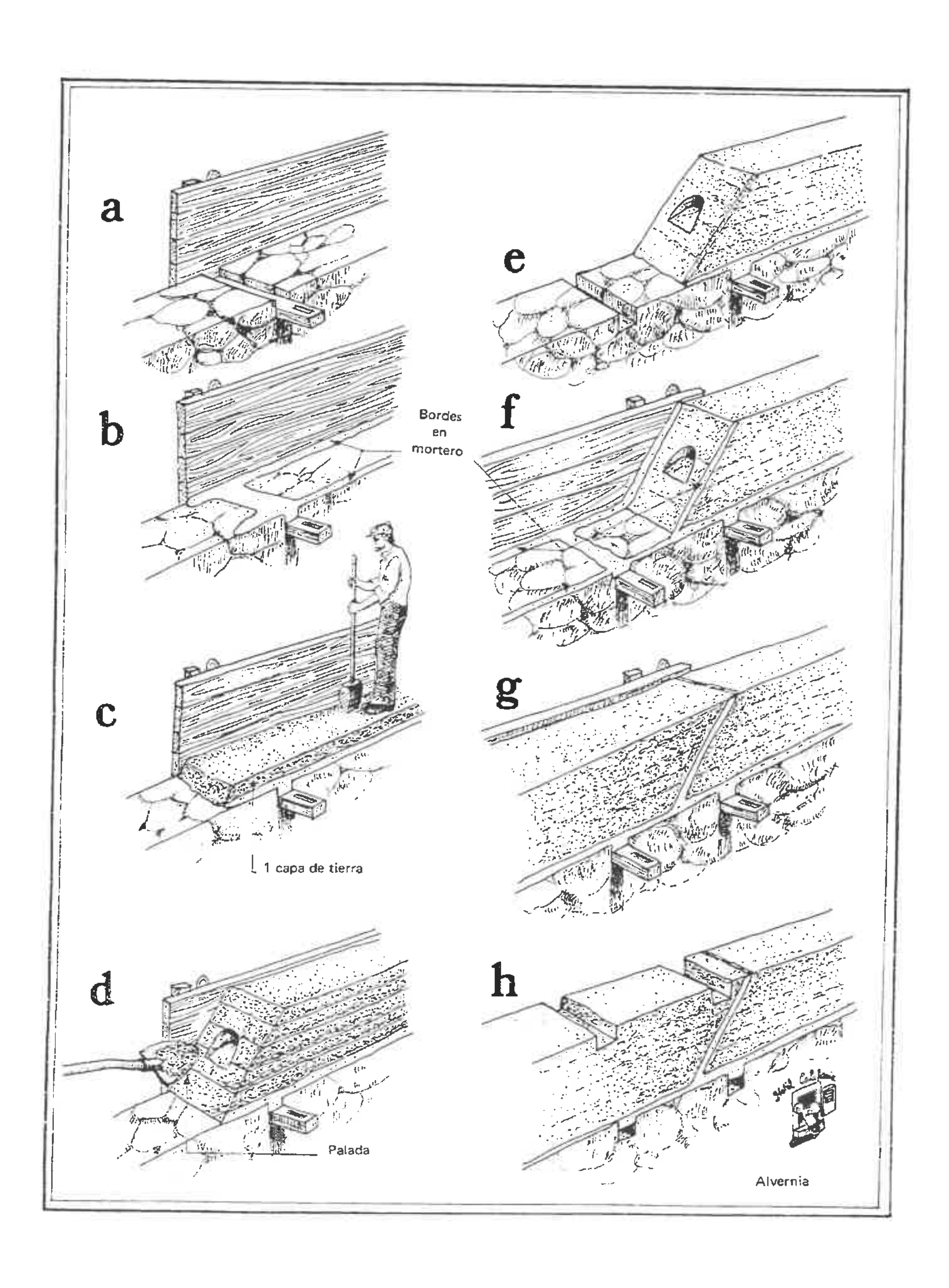


FIGURA 17: DIFERENTES FASES DE LA REALIZACION DE UNA BANCADA

ELEVACION DE LOS MUROS

Métodos de Lyon y de Alvernia

Para levantar los muros *(fig. 17)*, es necesario nivelar, en primer lugar los sobrecimientos, y trazar con una piedra roja o negra, las cajas que se cavan para colocar las riostras *(fig. 17e)* cada 97 centímetros. Después se deben construir 16 cms. más de sobrecimiento entre las riostras, completando así aproximadamente 80 cms. de altura. Sobre esta mampostería aún fresca se instala la formaleta, comenzando en una esquina de la construcción. Enseguida se ajustan bien las cuñas y los largueros con la cuerda, y se coloca el testero contra el ángulo:

—Antes de echar la tierra se extiende un poco de mortero en los bordes y se cubren las riostras con piedras planas delgadas. Este mortero impide que al comenzar a pisar, se salga la tierra por las juntas, mejorando así el acabado del muro.

FIGURA 18: LOS TRES PISONES DE ALVERNIA

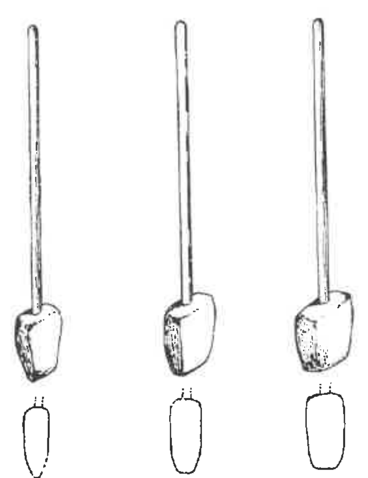
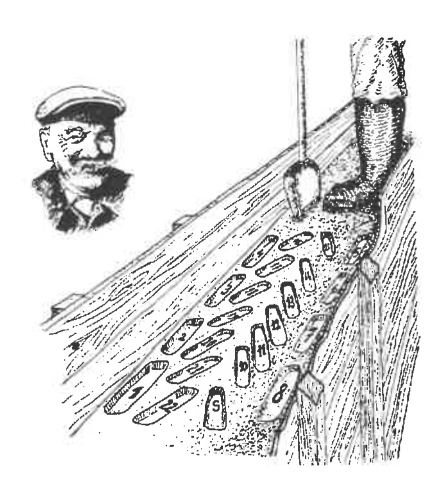


FIGURA 19: FORMA DE PISAR EN ALVERNIA ORDEN DE LOS GOLPES DE PISON



—Subir a la formaleta para verificar el ángulo y de vez en cuando confirmar el aplomo con ayuda del hilo. Echar la tierra dentro de la formaleta, extenderla con los piés, comprimirla con el pisón en capas de 8 a 10 cms. de espesor. Después de apisonar los bordes del muro, cruzar los golpes a fin de prensar la tierra en todos los sentidos. Bajo los amarres de las cuerdas, coordinar los golpes de los pisadores, porque este sitio es difícil de alcanzar verticalmente. En cada capa (de 16 cms) poner, en el ángulo contra el testero, un poco de mortero a fin de reforzarlo.

Los pisadores de la región del Puy-de-Dome utilizan tres tipos de pisones, *(fig. 18)*, según explican: Tres pisadores ejecutan las siguientes operaciones generalmente sin interrupción, *(fig. 19)*.

—golpes de pisón longitudinales, junto a los paneles de la formaleta;
— golpes de pisón obicuos, en forma de espina de pescado, hacia el interior de la formaleta.

El primer pisador utiliza el pisón más puntiagudo; él, más que amontonar la tierra, la corta. Debe alcanzar con el golpe la capa inferior, a fin de lograr una buena adherencia entre las diferentes capas de tierra. El segundo y tercer pisadores actúan amontonando la tierra. Una vez terminada la primera capa, se repite esta operación hasta llenar la formaleta. Esta se desmonta inmediatamente. Se debe colocar la formaleta de nuevo, de tala manera que recubra el extremo inclinado de la bancada* precedente, lo cual asegura que conserve su posición.

Antes de comenzar a llenar con tierra, colocar una junta de mortero para mejorar la unión con la parte ya pisada. Continuar así hasta terminar el perímetro de toda la casa. La primera hilada será ya suficientemente resistente para soportar el peso de los pisadores y la superposición de otra bancada. En el muro ya construido y antes de colocar la formaleta, hacer las cajas para las riostras, desplazándolas de manera que no coincidan con las de la hilada anterior, a fin de prevenir la formación de fisuras verticales. *(fig. 21).*

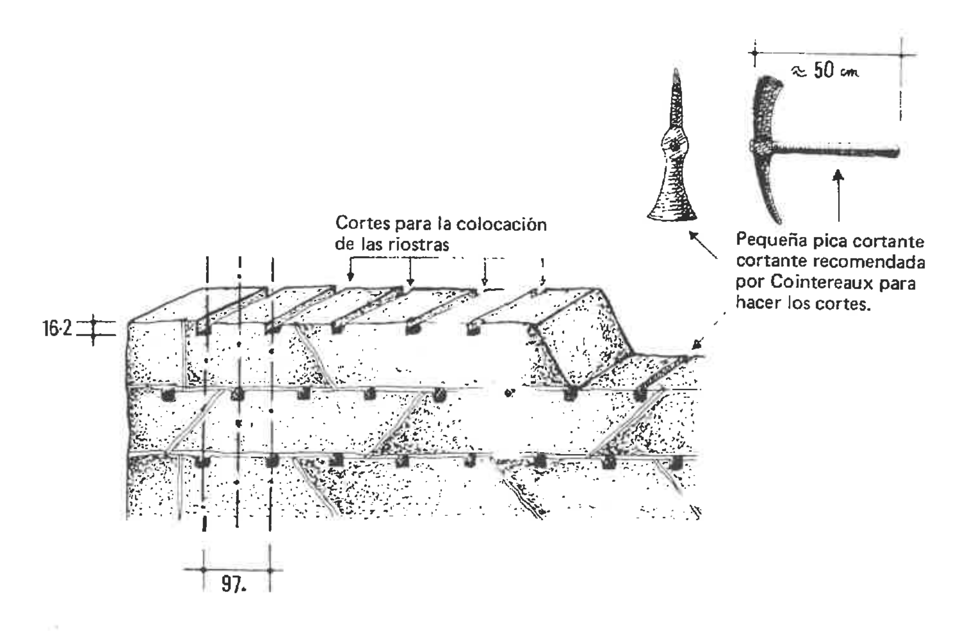


FIGURA 21: BANCADAS CON JUNTAS OBLICUAS

* Bancada: sección de muro construida cada vez que se coloca la formaleta.

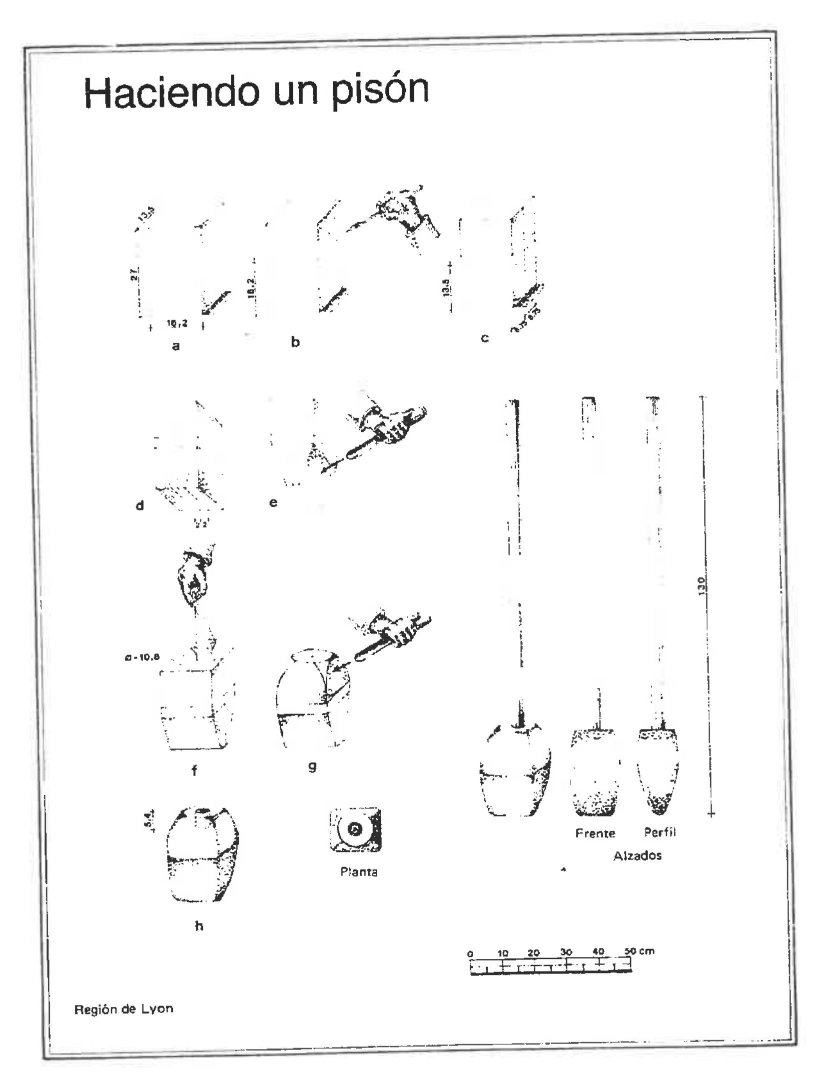


FIGURA 20: *Esta plancha nos indica como los campesinos de Lyon tallan un pisón en madera. -A- tomar un trozo de madera dura, cortarla en escuadra con un espesor de 13 cms., una longitud de 27 cms. y un ancho de 16 cms. -B- trazar una línea de contorno, a 16,2 cms. de su altura. -C- dividir en dos las otras caras del pedazo de madera y trazar en todas, líneas que las partan en secciones iguales. -D- trazar dos líneas, bajo aquella de la mitad a 4 cms. de distancia, -E- achaflanar la madera quitando la parte exterior a la línea de contorno, se obtiene así una especie de cuña, -F- trazar en la cara superior un círculo de 10,8 cms. de diámetro, -G- cortar las cuñas superiores empalmando el círculo superior a la línea de contorno. Rebatir enseguida las aristas redondeándolas. -H- pulir la madera sobretodo por debajo y hacer un hueco de 4.5 cms. de profundidad para el mango. La longitud total del pisón será de 1,3 mts. aproximadamente.*

Juntas verticales y juntas oblicuas

En las construcciones con tapia pisada se observan dos tipos de juntas: *(fig. 22-23)*: algunas son oblicuas, otras verticales. Las juntas verticales obligan a colocar un testero en cada extremo de la formaleta, así ésta se rigidiza y la cantidad de muro construido en una sola bancada es mayor. Las juntas oblicuas, generalmente a 45°, mejoran teóricamente la unión entre las bancadas. Se ejecutan apisonando oblicuamente. La formaleta no necesita testeros, su montaje es más rápido,

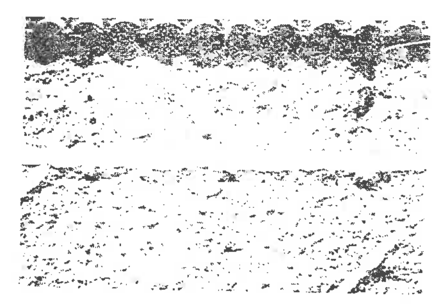


FIGURA 22

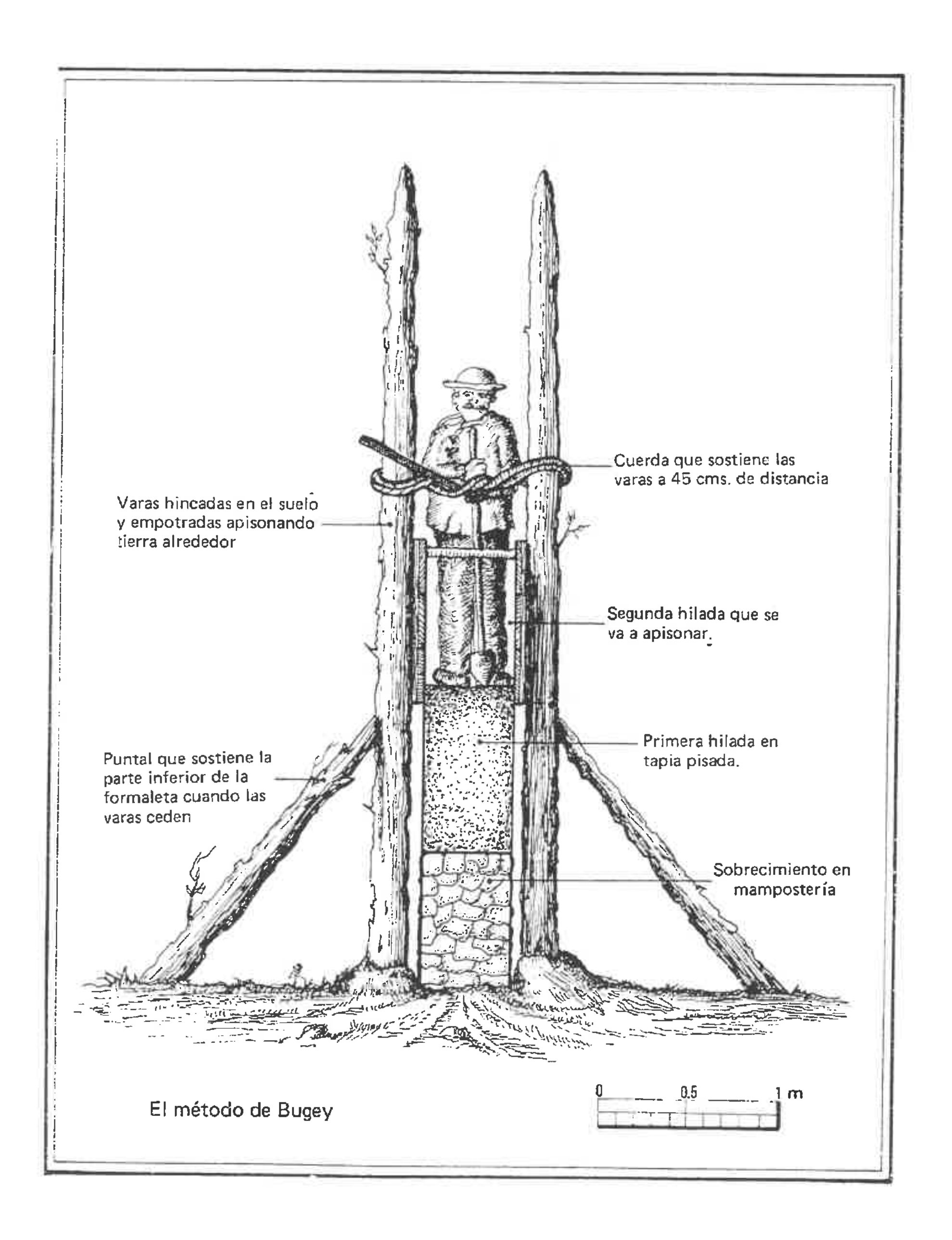
pero apisonar el ángulo no es fácil y el volumen pisado es inferior. Goiffon nos explica como se hacían las juntas oblicuas: "... Cada bancada termina entonces en un plano inclinado, es el ojo del pisador el que le guía para hacerlo, mirando en el borde de la formaleta, el punto hasta el cual debe rellenar al subir. El determina la longitud de las capas de acuerdo a esa observación y mientras trabaja en este plano inclinado, dirige el pisón perpendicularmente a la inclinación que se había propuesto, es en este caso que se golpea a veces a sí mismo...".



FIGURA 23:
TAPIA CON JUNTAS VERTICALES

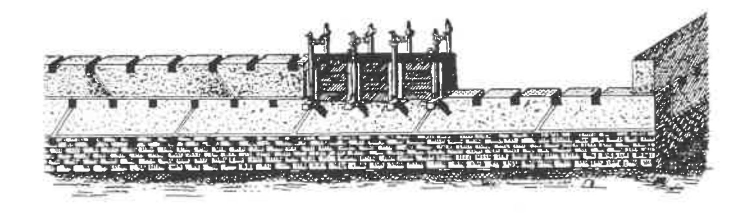
Método de Bugey (fig. 24)

En la región de Bugey (Ain), las formaletas no se apoyan en riostras, sino directamente en el piso por medio de largas varas verticales colocadas a los dos lados del muro. Al terminar el sobrecimiento, se clavan varas de madera de 8 cms. de diámetro, cada metro, al interior y exterior de los muros. Una vez instalada toda esta armadura, las maniobras para el desplazamiento de la formaleta y la plomada de la misma se simplifican mucho. Comenzando la casa por una esquina, los paneles de la formaleta, el testero y el codal se desplazan sobre cuatro series de varias, y lo único que hay que hacer además, es amarrar las varas con una cuerda. Después de haber pisado esta primera sección de muro, se desatan las cuerdas, teniendo cuidado de sostener la formaleta a cada lado. Se desliza hasta las varas siguientes donde se amarra de nuevo para la construcción, después de lo cual se traslada el encofrado hacia el interior, a fin de hacer la misma operación con los muros divisorios. Las ventajas de este procedimiento son expuestas por F. Cointereaux:



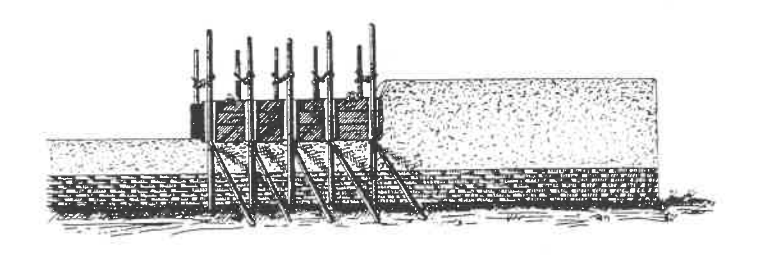
El método de Bugey

FIGURA 24



Método de Lyon

FIGURA 25



Método de Bugey

FIGURA 26

(fig. 25-26). "...El método de Bugey requiere de un molde, algunas varas rollizas, las cuerdas y los codales, he aquí todo el equipaje, siempre listo: de esta manera se puede hacer tapia pisada siempre, en cualquier momento. La otra formaleta (de Lyon) es más fácil de transportar porque sus elementos son más cortos, se cargan fácilmente en un automóvil: también ella debe formar parte del equipaje de cada maestro constructor del campo, para que pueda trabajar lejos de las ciudades, particularmente en los sitios montañosos, donde las varas serían difícil de llevar ya que sería imposible atravesar las colinas sin causar daños. El método de Bugey es excelente para construir las caballerizas, los establos, las casas de las fincas y todos los trabajos necesarios para las construcciones agrícolas, el de Lyon es

muy importante y ventajoso para construir las habitaciones muy altas, que se requieren para las fábricas, hospitales, presbiterios, escuelas públicas y otros ...".

Espesor de los muros

Se puede constatar que la relación entre la altura y el espesor del muro es ligeramente superior a diez. Así, muros de 50 cms. permiten alcanzar hasta 7 metros de altura. Para construcciones más bajas, no sirve de nada disminuir el espesor a menos de 40 cms., porque los pisadores no podrían desplazarse dentro de las formaletas.

Amarres

Las casas cuyos amarres son insuficientes o no existen, tienen tendencia a abrirse, sobretodo si los cimientos son además débiles y si el cruce alternado de las bancadas en los ángulos ha sido descuidado. Es corriente ver "tirantes" instalados en el interior de la construcción. Estos se componen de dos "X" metálicas, unidas con una varilla roscada, con el propósito de mantener los dos muros paralelos. Se puede hacer un amarre eficiente empotrando horizontalmente trozos de madera de 15 cms. de diámetro, ensamblados a los ángulos *(fig. 27)*.

Los maderos son empotrados dentro del muro empapados con mortero de cal y arena si son de pino, y de yeso o tierra si son en roble.

"Si es de pino, se tiene la experiencia de que el mortero de cal y arena quema el roble y nutre el pino, es por esta razón que se debe construir con yeso o en su defecto, con mortero de tierra todo dintel en roble". (Goiffon)

Los ángulos

En general la construcción de los ángulos no necesita de formaleta especial y es suficiente con cruzar alternativamente las bancadas al comenzar cada hilada. El tratamiento del ángulo ha planteado siempre algunos problemas por razón de la erosión que en este sitio es mucho mayor. Es así como se ha intentado reforzarlo:



FIGURA 27: MADERO PARA AMARRE INCLUIDO DENTRO DEL MURO DE TAPIA PISADA

—localizando en el ángulo exterior un listón de sección triangular (el sable), para evitar el ángulo recto demasiado frágil *(fig. 28)*.

—poniendo un poco de cal en los

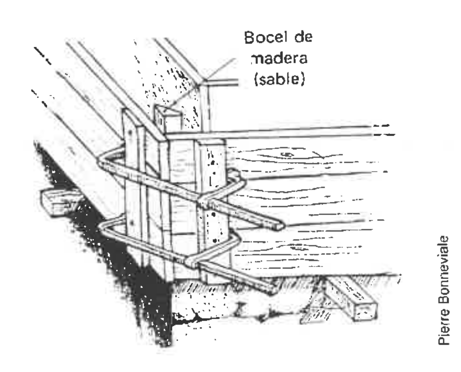


FIGURA 28: ACHAFLANAMIENTO DEL ANGULO MEDIANTE LA COLOCACION DE UN "SABLE" DENTRO DEL ANGULO EXTERIOR DE LA FORMALETA

dos lados del ángulo cada vez que se termina de pisar una capa de tierra de 10 cms. *(fig. 29)*.



FIGURA 29: REFUERZO DEL ANGULO CON MORTERO DE CAL

— o reforzando el ángulo por medio de una mampostería de trozos de ladrillo o piedras. *(fig. 30)*.

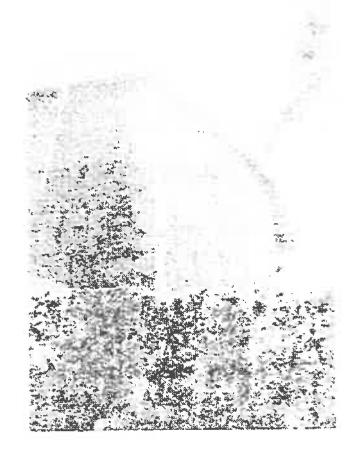


FIGURA 30: REFUERZO DEL ANGULO EN "RETAZOS" (ISERE)

Vanos

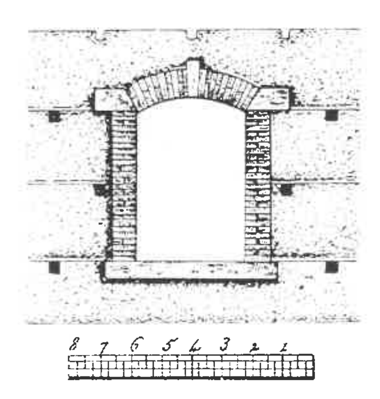
Cuando se necesita practicar una abertura en el muro, se colocan en la formaleta dos testeros separándolos ligeramente hacia el interior para facilitar la apertura de las puertas.

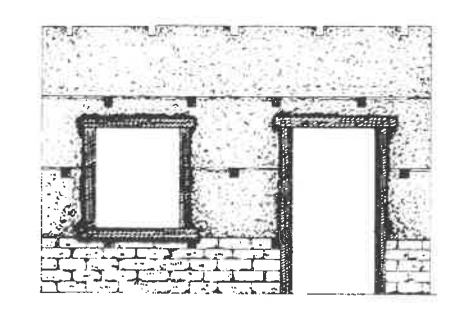
ABERTURAS

Los pisos

Existen dos métodos para colocar las vigas de los pisos: **1.** Una vez se haya llegado al nivel del piso, se cavan las cajas para las vigas, sobre la parte superior de los muros. Estas deben profundizarse lo necesario para permitir la colocación de las riostras de manera que la parte inferior de la formaleta abrace los muros. Se instala el piso y se continúa la construcción del nivel superior.

2. Se levantan los muros en su tota-





FIGURAS 31 Y 32: LOS MARCOS DE LAS PUERTAS Y VENTANAS SE HACEN GENERALMENTE EN MAMPOSTERIA, EN LADRILLOS O EN MADERA. LOS MARCOS COLOCADOS DENTRO DE LA FORMALETA, BIEN APUNTALADOS Y SIRVIENDO DE "RESERVA" EN EL MOMENTO DEL APISONAMIENTO

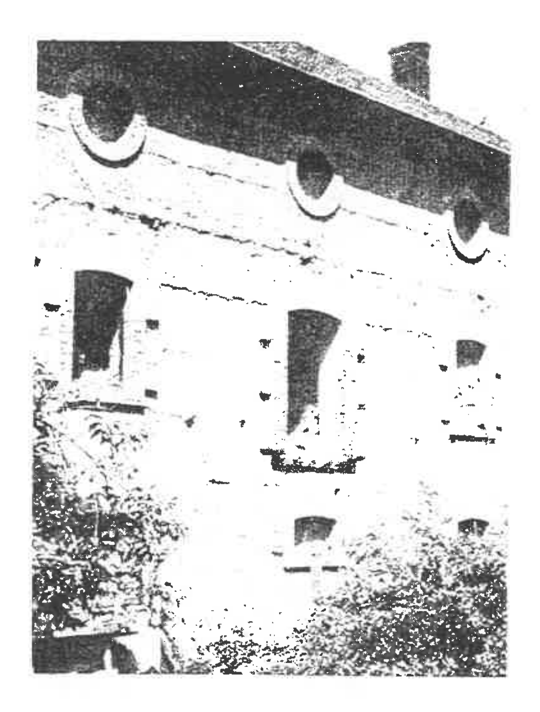


FIGURA 33: ALVERNIA

lidad, y las vigas de la cubierta se colocan después, cavando su caja en los muros. Se recomienda poner bajo las vigas una solera para repartir las cargas (tabla o piedra plana). Los extremos de las vigas empotradas en el muro deben estar untados de alquitrán o brea para evitar que

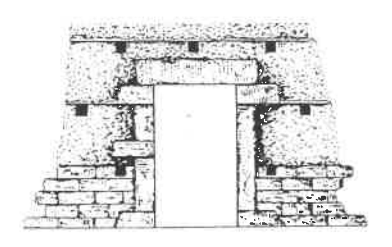


FIGURA 34: PUERTA CON MARCO EN MAMPOSTERIA - DINTEL DE MADERA

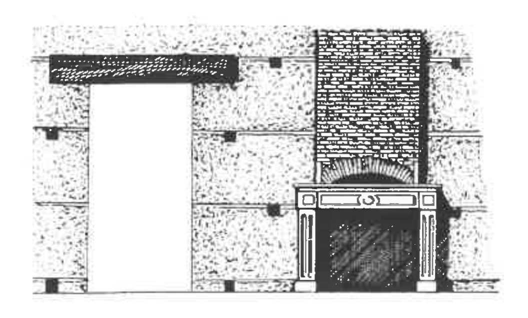


FIGURA 35: PUERTA SIN MARCO EN MAMPOSTERIA



FIGURA 36: EL VANO DE LOS HENILES ES TALLADO DIRECTAMENTE SIN DINTELES NI MONTANTES.

se pudran. Las vigas más grandes que necesitan un apoyo mayor se pueden colocar desde el exterior a través de los muros.

Culatas

Se les da la pendiente deseada haciendo el trazo oblícuo en el interior de las formaletas. Cuando las bancadas de las culatas están bien secas se pueden cavar los sitios destinados a recibir las vigas del techo.

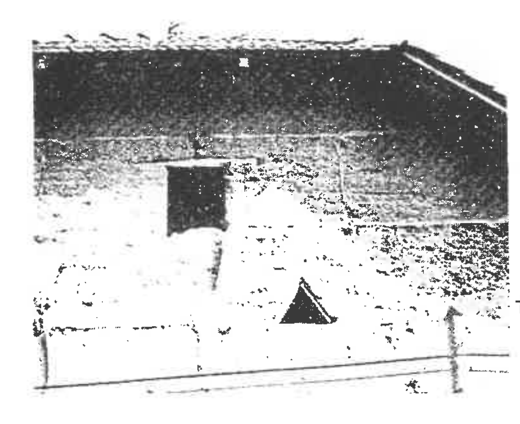


FIGURA 37: LAS PEQUEÑAS ABERTURAS TRIANGULARES SIRVEN PARA VENTILAR LA GRANJA

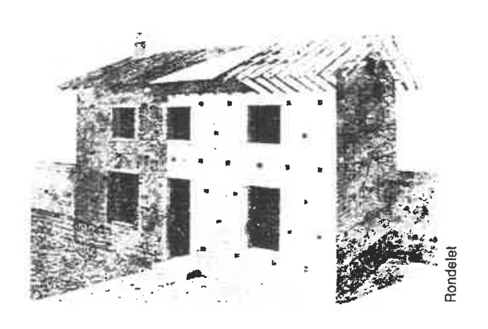


FIGURA 38: GRABADO TOMADO DE "L'ART DE BATIR" (RONDELET)

Cubierta

En general la concepción de la casa en tapia pisada busca economizar madera. Con este propósito, los muros de la culata y los divisorios la reemplazan en lo posible *(fig. 38)*. No hay un material exclusivo para cubrir las casas en tapia pisada. Se encuentran techos en paja en Bretaña y Dauphinè, pizarra en Bretaña y tejas planas o acanaladas en Dauphinè y en Aivernia.

Podrían hacerse grandes voladizos de teja. Sin embargo, los aleros no son jamás demasiado anchos (alrededor de un metro en Dauphinè). Si tiene mayor dimensión, se trata generalmente de cumplir alguna función precisa diferente a la de proteger el muro; por ejemplo, en las fincas sirve para cubrir un secador o los carros de heno que no se alcanzan a descargar. El buen estado del techo es un aspecto importante para la durabilidad de una casa de tierra. La filtración de agua en el remate de los muros ocasiona rápidamente la ruina completa de la construcción.

"Una casa construida en tapia pisada, de acuerdo a los principios que acabamos de establecer, durará tanto como otra construida en buena mampostería. Las hay de treinta pies de altura por encima del sobrecimiento, que subsisten después de dos siglos y se conservan en buen estado, sin haber exigido más frecuentes ni más costosas reparaciones que cualquier otra. En una palabra, la construcción en tapia pisada es esencialmente durable y pertenece al grupo de construcciones que nos protegen mejor de los accidentes contra los cuales se implora el seguro de la Arquitectura. Una casa construida en tapia pisada tiene la triple ventaja de ser *rápida* de construir, *de costar* menos que las otras y de *proporcionar* después de su demolición, un abono maravilloso para ciertas tierras".

Abate ROSIER:

"Nouveau Cours Complet d'Agriculture", publicado en 1786 por una reunión de Académicos y Agricultores.

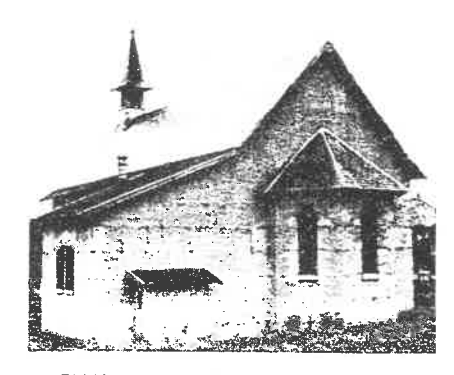


FIGURA 40: IGLESIA DE BOURDENOUS (CERCA DE CORBELIN-ISERE)

Cointeraux en 1790

"(...) Todos los extranjeros que viajan por la Saona, en las diligencias que son tan cómodas y agradables, no han imaginado jamás, viendo estas bellas, estas graciosas casas de campo, levantadas a ambos costados, que ellas no han sido construidas sino con tierra... "Que me sea permitido observar que se debe emplear este tipo de construcción en toda la República, bien sea por la decencia de los pueblos y el honor de la Nación; bien sea para ahorrar la madera que se emplea abundantemente en las construcciones, bien sea para evitar los incendios, o para garantizar a los trabajadores una protección del frío y del excesivo calor...



"Los panaderos de Faubourg y Lyon, prefieren los graneros construidos en tapia pisada para guardar sus harinas, porque tienen la experiencia de que las ratas y las plagas no pueden introducirse dentro de estos muros masivos (...). Un parisino que aprendió en Lyon que se podían construir casas con tierra, emprendió la construcción de una casa en París utilizando este método, cerca al Hotel des Invalides. Las autoridades no le dieron permiso para colocar la cubierta, de la cual quedó privada para siempre. He aquí que este es el quinto invierno que soporta esta construcción completamente desnuda y expuesta a todas las inclemencias del tiempo: lluvia, nieve, sequía, viento, tempestad, en una palabra a la intemperie (...). No me hace falta visitar esta construcción puesto que la veo todos los días, y yo espero todavía su demolición (...).

"—La tapia pisada adquiere solidez, por la "masividad" cuyo resultado es una disminución del volumen y supresión del aire.

"—La dureza de más de 200 años no proviene más que de la evaporación perfecta de la porción de su humedad inicial.

"—El gluten de la tierra provoca el acercamiento íntimo y la contracción de todas las partículas, en el instante en que los golpes redoblados del constructor, operan artificialmente (...) algo parecido a aquella adhesión natural que se opera durante la formación de las piedras (...).

Casa tradicional del bajo Dauphiné



FIGURA 45: CASA EN DAUPHINE MUROS ALTOS Y UN PEQUEÑO ALERO

Nos hemos preguntado sobre las relaciones que podía tener una familia con un espacio particular: aquel de su vivienda. De qué manera ¿éste lugar es en primer lugar una habitación, una manera cultural de responder a los roles definidos por una comunidad y un modo de vida? ¿Cómo estas relaciones se inscriben materialmente en el espacio y cómo el espacio las devuelve o las transforma? Pero una vivienda es también las circunstancias y las prácticas que impulsan a su edificación. Usos sociales, ayuda mutua colectiva, materiales utilizados..., todo se conjuga para elaborar este conjunto coherente que será la casa acabada. Esta nos remite, más allá de su propietario a una expresión particular de la comunidad que allí ha plasmado sus relaciones más profundas. Parece que existe un fondo común a partir del cual se elaboran y se reproducen los modelos utilizados. Las casas del bajo Dauphiné tienen un evidente aire de familia y, la introducción de toda una gama de variaciones permite a cada uno poner su sello personal.

Nuestra reflexión parte de los datos de la encuesta sobre el habitat rural realizada en 1945 por G. H. Riviere, entonces curador del Museo de Artes y Tradiciones Populares. Los resultados, cuya publicación se haya en curso constituirán una colección de 22 volúmenes de los cuales el vigésimo primero concebido y redactado por H. Raulin, apareció en 1977 en la Editorial Berger-Levrault. Es en este volumen, consagrado a la arquitectura en Dauphiné, donde se menciona la monografía que sirvió de base a nuestra propia encuesta.

Brezins, pueblo del bajo Dauphiné, está situado a medio camino entre St-André y St-Etienne de St-Geoirs. Esencialmente agrícola, esta comuna de 830 habitantes, no se distingue en nada de los pueblos vecinos. Sus numerosas construcciones en tapia pisada son la expresión de la forma tradicional del habitat en la llanura de la Bievre.

La casa de Albert y Marie

Albert y Marie, de 80 y 79 años de edad respectivamente, habitan una antigua casa de finca construida en tapia pisada, con cimientos en piedra de río *(fig. 47)*. Un gran alero protege la fachada principal de la intemperie. Hasta la última guerra mundial, la tapia pisada era el modo de construcción "natural" en esta región. También Albert, como la mayoría de los hombres del país, ha practicado esta técnica que el describe para nosotros, localizándola dentro de un contexto de sociedad tradicional. "La cohesión social entonces era más fuerte, la participación de todos era gratuita. Eran faenas que se devolvían, usted estaba obligado a su turno a ayudar aquellos que lo habían ayudado". ..."el propietario visitaba a los muchachos que participarían en la construcción. Desde los primeros días de sol, emprendían el trabajo. Uno no medía el tiempo, ¡las jornadas eran largas!".

La tapia pisada era ejecutada por una decena de hombres. Tres de ellos sacaban la tierra y la trabajaban para hacerla más fina; aquello se llamaba: "Hacer la tierra". Aquí, la tierra era buena en todas partes y bastaba cavar la capa laborable hasta alcanzar la capa arcillosa. Generalmente se mojaba un poco la tierra, lo cual la volvía más fácil de pisar. Otros tres transportaban la tierra, entre sacos de tela de alrededor de 50 kilos, y la vaciaban entre las formaletas donde tres hombres fuertes, provistos de pisones, trabajaban. "Los muchachos que pisan, necesitan buenos brazos!", nos dijo Albert. "Ellos levantaban el pisón subiendo sus brazos por encima de la cabeza y después lo dejaban caer asiéndolo con los brazos" y así se continuaba". Trabajando todo el día llegaban a hacer de siete a ocho bancadas. Hacían dos vueltas sin detenerse y luego era necesario dejar secar durante quince días, después de haber cubierto el muro con tejas, para protegerlo de la lluvia. Al cabo de este tiempo se reanudaba la faena.

Generalmente transcurrían tres meses entre el comienzo y el final de la obra negra. Los muros coronados con la carpintería anunciaban la "Ravola": Un ramillete de pino encintado era erigido en la cumbrera del techo y el propietario ofrecía a todos una comida generosamente acompañada de vino. La noche transcurría alegremente bebiendo y cantando.

FIGURA 47: FACHADA DE LA VIVIENDA



EL PAPEL DEL CARPINTERO

Albert Nos ha hecho notar el rol particular del carpintero en las diferentes etapas de la construcción. El es el primer artesano al que recurre el propietario. Es con él con quien discute la localización, la orientación y la forma que se debe dar a la construcción. Más adelante en el sitio de la obra, el carpintero escoge y aserra la madera reunida para la cubierta. Su parecer y su presencia en la obra son indispensables. El juega el rol de maestro de obra, porque sus apreciaciones debidas a una larga práctica son generalmente justas y sus consejos sabios. Propietario de las formaletas de madera, tres pares en Brézins, el carpintero las coloca él mismo. Oficialmente el propietario comandaba los trabajos pero en efecto el verdadero maestro era el carpintero a quien todos se remitían para los asuntos delicados.

Toda nueva construcción era estudiada minuciosamente y demandaba una larga preparación. Era también la ocasión de fortalecer los vínculos familiares, de amistad y profesionales entre los miembros de una misma comunidad y también a veces, de reafirmar el status social. El propietario debía proveer los materiales necesarios. Las piedras, recogidas y amontonadas en la época de las labores agrícolas, provenían de sus campos. Con carretas se transportaban hasta el sitio de la futura obra. La madera destinada a la estructura de la cubierta y la carpintería era generalmente ofrecida por los padres, cuando ellos podían ayudar a sus hijos. Era necesario también comprar algunos materiales, en particular la cal y las tejas provenientes de St-Pierre de Bressieux.

VISTAZO A UNA VIVIENDA

Marie y Albert no construyeron su casa, fue una herencia, pero ellos habitan allí desde hace treinta años. Antiguamente la finca pertenecía a los abuelos de Albert. En esta época las construcciones tenían el aspecto de un sólo cuerpo rectangular, orientado hacia el Sur, cuyo cobertizo separaba la parte de la vivienda de por lo menos 200 años de construida, de los establos. Su abuelo hizo cubrir el segundo cobertizo que dio a la construcción su actual forma de "L". Después ha habido cambios menos significativos. Su padre modificó los vanos de la vivienda que fueron reconstruídos en ladrillo, práctica corriente en la región. Una modificación del trazado de la vía que limita la casa, la cual dejó un espacio libre, fue utilizado por su padre para añadir el actual invernadero y el granero encima. Albert no ha hecho ninguna modificación notable a la construcción, que a pesar de estos cambios sucesivos, conserva una clara coherencia interna.

Antes de examinar el interior de la casa, debemos dar un breve vistazo alrededor y ver el conjunto compuesto por la vivienda, los establos, el granero, el gallinero, el henil, el cobertizo y el patio consagrado esencialmente a las actividades agrícolas *(fig. 49)*. La familia tenía una huerta para complementar su alimentación y criaba vacas para la

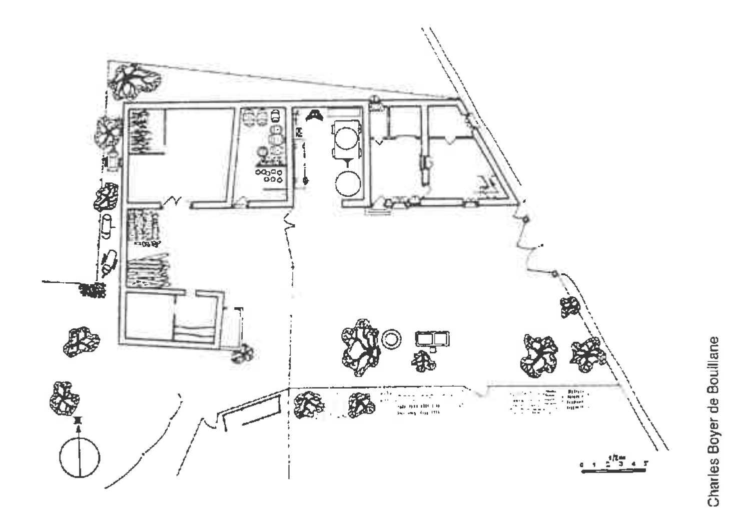


FIGURA 49: PLANTA DEL CONJUNTO

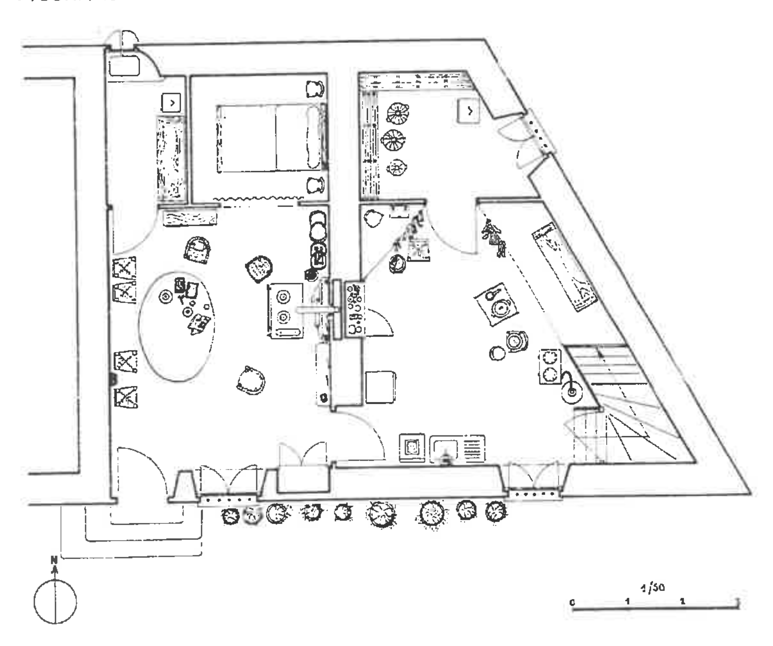


FIGURA 50: LA VIVIENDA

producción lechera. En 1945 la explotación abarcaba 35 hectáreas y comprendía dos mulas, ocho vacas, cuatro ovejas, treinta gallinas, diez conejos y un perro. Cuando hicimos nuestra encuesta, las tierras estaban arrendadas desde hacía veinte años y poco a poco los animales habían ido desapareciendo, sólo había algunas gallinas y tres perros de caza. Las construcciones son subutilizadas y el antiguo material agrícola permanece inmóvil bajo el cobertizo. La vida se ha restringido a la vivienda, que condensa así el conjunto de relaciones que unen a los habitantes con su casa, *(fig. 50).*

Para Albert, quien participó en la guerra, y trabaja fuera, la casa parece ser un punto de anclaje donde puede saborear el reposo y la calma. El hombre llega, la mujer le sirve la comida, el periódico le espera en el rincón de la mesa con el vino, indispensable compañero para "ayudar a vivir". Los *souvenirs* personales de Albert fijos al muro, representan valores masculinos típicos: La caza y la guerra. Un par de granadas transformadas en vasos y un cuadro decorativo ilustra la Primera Guerra Mundial. Dos fusiles y una carabina suspendidos en un armero, fabricado por Albert, evocan con los motivos del mantel de hule, escenas de caza.

Pero el interior de la casa es del dominio exclusivo de Marie. Su primer acto al llegar a instalarse en la finca, después de la muerte de su suegra, fue brillar todo y volverlo a pintar: "Esto estaba sucio y podrido". Ella intenta borrar las huellas del pasado para comenzar de nuevo. Marie, como todos nosotros, lleva con ella su propia historia y la de su familia. ¿Acaso no aportó ella la cama, el armario, la mesa, las sillas y la estufa que recibió como dote de matrimonio en 1917? Marie va a encargarse de distribuir los espacios acomodando sus propios objetos. La mesa está en el centro de la pieza, la estufa en la antigua chimenea inservible, el armario en el fondo un poco atrás y medio disimulado, pero arreglado con una cortina de encaje blanco, y la cama en la alcoba. Esta disposición adoptada en el año 1940 no ha cambiado hasta nuestros días (1975). Estos objetos llenos de sentido y acariciados con el gesto mil veces repetido, se han integrado a los muros y al piso, se han enraizado en la casa. Solamente los *souvenirs*, fotos y objetos pequeños aparecen y desaparecen al paso de los años según la curva variable de los sentimientos.

Construír en tapia pisada en 1972

En Francia, hasta los años cincuenta, la construcción tradicional de la tapia pisada, tal como la hemos presentado, ha sido frecuentemente empleada en una parte del medio rural. Después se registra una rápida declinación seguida de una casi desaparición que puede ser ligada a la disgregación de la sociedad rural. Las transformaciones de la postguerra, el esfuerzo de industrialización y de modernización, el despoblamiento de los campos y el auge de las técnicas nuevas, sobre todo en la construcción, (empleo sistemático del concreto), han contribuido ciertamente al abandono de esta técnica, que apareció, como un medio de construcción "antiguo".

En efecto, la puesta en obra relativamente simple y la necesaria sociabilidad que la acompañaba, bajo la forma de una ayuda mutua, reemplazaron una economía desadaptada por una economía "moderna". La tapia pisada utilizada tradicionalmente no podía luchar contra las nociones de competitividad, rendimiento, de producción estandarizada y anonimato. Antiguamente, construir era asunto de todos e implicaba un deber: "Usted debía devolver el servicio a quienes lo habían ayudado". Toda actividad tomaba lugar dentro de un esquema claro de relaciones sociales. El dinero no era lo más importante en las relaciones, era escaso y el sentido de economía primaba, pero no se escatimaba cuando se trataba de celebrar alegremente el trabajo acabado.

La tapia pisada no ha desaparecido todavía totalmente, ni de la memoria ni de la práctica. Por una parte, las numerosas construcciones en tapia pisada existentes requieren de un mantenimiento, reparaciones o nuevos amoblamientos, que solamente gente suficientemente calificada puede hacer. Así subsiste un conocimiento. Por otra parte, aún quedan algunas personas que siguen utilizando esta técnica. Es así como hemos encontrado un carpintero, el señor Huguet, que, entre 1971 y 1972 construyó su casa en tapia pisada. El señor Huguet vive en Corbelin, pueblo de 1.612 habitantes, situado en la región de Tierras-Frías, donde abundan las construcciones en tapia pisada, antes de la última guerra, Corbelin era totalmente construido en tapia pisada; solamente la iglesia y la alcaldía ieran en piedra blanca! Actualmente no se notan tanto las construcciones en tapia pisada porque durante los últimos diez años todo el mundo ha "hecho fachadas", pañetando la tierra.

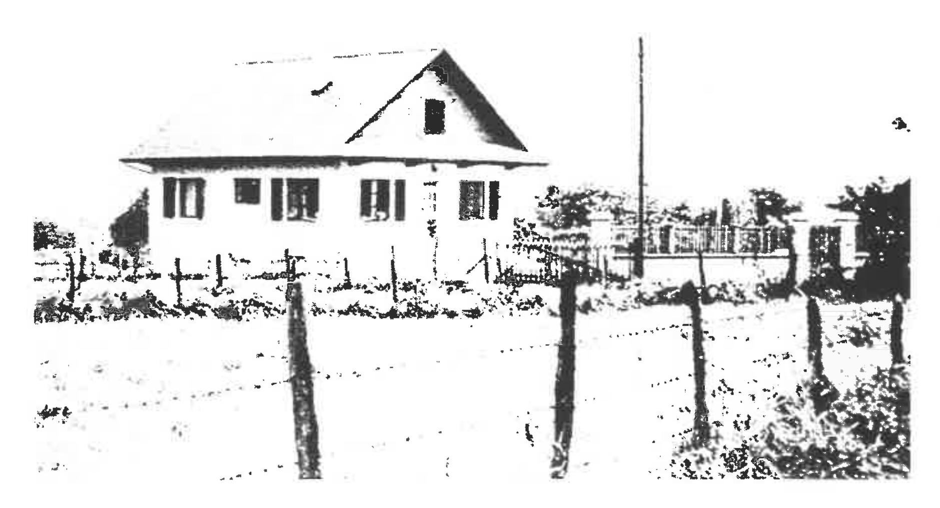
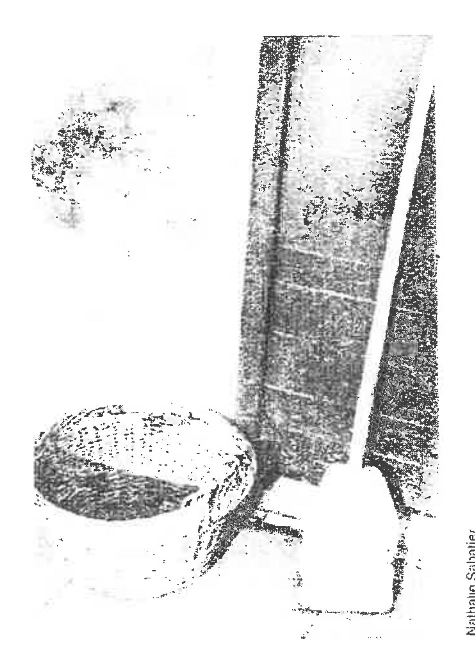


FIGURA 51: LA CASA EN TAPIA PISADA DEL SEÑOR HUGUET

ENCUENTRO CON UN CARPINTERO

El señor Huguet ha aprendido con un carpintero de Corbelin no sólo el arte de la carpintería sino también el de la tapia pisada, porque en esta región "eran los carpinteros quienes hacían la tapia pisada". Ha dirigido construcciones en tapia pisada según los métodos tradicionales y ha notado el abandono de esta técnica puesto que no ha hecho una sola construcción en tapia pisada durante los últimos diez años excepto su propia casa, que él cree será la última.

Hace treinta años o más todavía se construía bastante en tapia pisada. "Cuando yo hice las primeras construcciones en tapia pisada trabajabamos solamente dos, y toda la mano de obra era suministrada por el propietario. Eran sus vecinos los que venían a darle la mano. Ellos hacían acuerdos, se devolvían los favores... Nosotros, los carpinteros, éramos pagados en dinero... El material era igual al que utilizamos en mi casa. Las formaletas, los pisones y las trampas, eran nuestras; el resto era del propietario". Las cestas de construcción eran muy conocidas en la región. Las fabricaban personas del lugar. Estas cestas se llevaban en equilibrio sobre la parte superior de la espalda y la nuca, un capuchón hecho con una bolsa de cal, relleno con paja, amortiguaba la carga. Se necesitaban 82 cestas de tierra para hacer una bancada *(fig. 53)*. "Cuando se pisaba, se trabajaban de diez a once horas por día, y era necesario sostener el ritmo. Una vez terminados los muros tenía lugar el agasajo ofrecido por el patrón. Se celebraban dos sucesos: el segundo era la colocación de la estructura de la cubierta... Aquí los carpinteros colocaban las tejas... Cuando se montaba el tejado, ¡se hacía la fiesta! o se subía a brazo



Nathalie Sabatier

FIGURA 52: CANASTO Y PISON UTILIZADOS TRADICIONALMENTE



FIGURA 53: FORMA DE LLEVAR LA TIERRA EN UN CANASTO

limpio. Había entonces mucha gente, a veces incluso más de la necesaria".

El señor Huguet no ha intentado refaccionar una casa antigua porque... "eso cuesta tanto como hacerla nueva". Con lo viejo, sólo se puede hacer ¡lo que permite lo existente! Se necesitan muchachos que estén acostumbrados a trabajar la tapia pisada, porque de otra manera tumbarían todo al piso, puesto que no se trata solamente de hacer huecos adentro, como en un muro de concreto. Se debe apuntalar. Los vanos, se deben abrir en dos pasos: romper la mitad, colocar los dinteles, y por último abrir el resto. La restauración de una casa en tapia pisada, es asunto tanto del albañil como mío, yo no hago mampostería".

No obstante el señor Huguet siempre tuvo la idea de construir en tapia pisada "yo siempre dije que si hacía mi casa, la haría en tapia pisada... en verano es fresca y en invierno es caliente. No se necesitan revestimientos para aislamiento. Además... no hay más...".

Con su hermoso pañete blanco y sus aberturas repartidas en todos los muros, su casa se asemeja en todo a las construcciones actuales. La cubierta a dos aguas por razones de economía: de esta manera se han podido acomodar dos piezas en el desván. Para la cubierta se ha pre-

ferido la pizarra a la teja que retiene demasiado la nieve.

LA CONSTRUCCION DE LA CASA

Para la construcción, el señor Huguet y su equipo utilizaron formaletas de madera de tres metros de largo por 96 cms. de altura, a la manera antigua. Como él ya no tenía las suyas, ha debido pedirlas prestadas a su anterior patrón, el carpintero. No aportó ninguna modificación notable a la técnica. Puesto que aquí la tierra es buena en todas partes, fue suficiente utilizar la tierra extraída de la excavación de los cimientos. El albañil no necesitó su equipo completo, puesto que utilizaron poleas para transportar la tierra. Así se redujo el trabajo a la mitad. Entre cinco personas, el señor Huguet y cuatro obreros de su carpintería, hicieron los muros entre junio y septiembre. Trabajaron en los ratos libres, cuando el trabajo de su taller lo permitía. "Los obreros fueron pagados, como en cualquier otro trabajo". Dos de entre ellos ya habían hecho tapia pisada.

Sobre los cimientos de hormigón, se construyeron cuatro hiladas más las culatas, primero se hicieron dos hiladas, se esperó durante quince días que secaran. El señor Huguet insiste sobre la importancia de cubrir los muros terminados para protegerlos de la lluvia. "Si llueve, se va todo al piso!" Una bancada, incluyendo todos los pasos, se ejecuta en una hora o una hora y media aproximadamente. Entre los cinco realizaron cerca de veinte metros cuadrados por día. Los marcos de las puertas y las ventanas son en hormigón. Entre las bancadas colocaron mortero para mejorar la adherencia. Solamente los muros exteriores de la casa fueron construidos en tapia pisada, en el interior se hicieron tabiques de ladrillo. El pañete exterior fue ejecutado por el albañil "porque este no es asunto del carpintero" —dice el señor Huguet. El carpintero es un especialista, el albañil también, sin embargo, él nos aseguró que el pañete de cal es preferible al de cemento. "Si se pone cemento sobre tapia pisada..., ¡se sostiene! Si se cae es porque lo han hecho demasiado grueso. Antes, lo hacían con cal y duraba varias generaciones!... Creo que se mezclaban dos carretilladas de arena por cada saco de cal.

El señor Huguet no ha hecho el cálculo del costo de construcción de su casa. El menciona en primer lugar la economía obtenida al no tener que colocar revestimiento térmico. El insiste en las dificultades de contabilizar el tiempo invertido en la obra con su equipo, pero señala que de todas maneras "es más largo y hace falta más gente... pero hay algo que se gana, es el material, ¡no cuesta nada...!". Al contrario dice, "haber economizado al máximo" en la estructura de la cubierta, pudo así utilizar canales de cobre para el remate del alero del tejado de pizarra. "Bueno, yo me dije, voy a poner canales de cobre, es una idea como cualquier otra y son... más sólidas".

El señor Huguet es escéptico acerca de la posibilidad de aplicar este modo de construcción por parte de

empresas locales u otras. No debido a los obstáculos materiales tales como el tiempo, o la cantidad de obreros, sino a la necesidad de cubrir constantemente los muros. "Ahora, sería muy difícil. Sería imposible cubrir toda la obra y... estar cambiando la protección de sitio (en cada bancada) demandaría más trabajo que la misma construcción... y cuando lloviese los andamios conducirían el agua contra los muros frescos!".

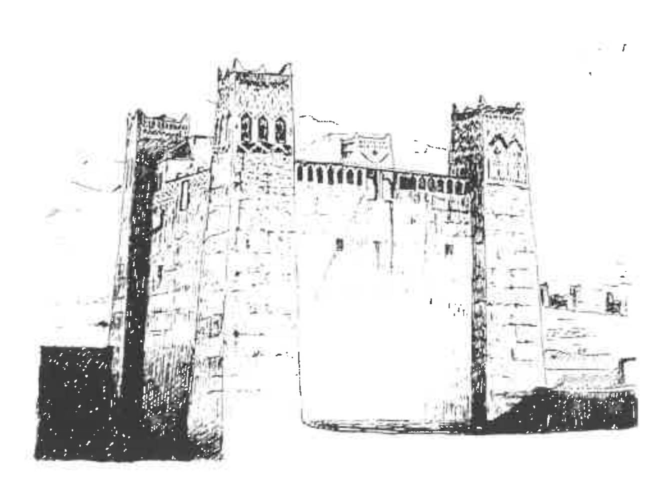
Si se le pidiera construir actualmente, él no está seguro de aceptar. "Habría que ver bien el precio de producción... hoy no es cualquier cosa..." al contrario, el señor Huguet piensa "que en los países que no son ricos donde hay profusión de mano de obra, si sería bueno... pero aquí este modo de construcción se acabó y es todo"... concluye. La tapia pisada tradicional no ha podido sobrevivir al doble factor rendimiento-ganancia de nuestra sociedad.

LA TAPIA PISADA EN MARRUECOS: OTRA DIMENSION



Pierre Bonneviale

FIGURA 54: PARA CONSTRUIR UN QSAR SE UTILIZA LA TAPIA PISADA Y EL ADOBE PARA LA DECORACION MURAL



Pierre Bonneviale

FIGURA 55: QSAR

Después del estudio de la tapia pisada tal como fué empleada en las regiones francesas, Marruecos nos muestra la dimensión monumental de esta arquitectura. En efecto se podría pensar que la arquitectura con tierra se limita al hábitat individual de pocos pisos: las aldeas colectivas fortificadas-qsar o irherm (berebere)— verdadero mundo alveolar donde toda una población urbana vive dentro de un universo de corredores cerrados y de sencillas alcobas de tierra pisada, nos brindan la prueba de que una técnica como la tapia pisada puede producir una gran variedad de espacios y crear una arquitectura más que imponente *(fig. 55)*.

Generalmente, para construir un "qsar", se utiliza la técnica de la tapia pisada para los muros y adobes para la decoración de las fachadas, los marcos de los vanos y las escaleras. La construcción moviliza una docena de obreros si es de tamaño mediano, en el caso de un "qsar" muy importante este número puede llegar al centenar. No hay, propiamente hablando, un arquitecto sino un jefe de obra (el mouendiz). Un maestro-albañil (maallem) se ocupa particularmente de la tapia pisada y otro del adobe. Los cimientos, cavados a cincuenta centímetros de profundidad y constituidos por un hormigón de piedras (mortero de cal y tierra) se prolongan en un sobrecimiento de veinte a cincuenta centímetros de altura, sobre el cual se asentarán las primeras bancadas.

Las herramientas del pisador marroquí son muy rudimentarias: un azadón, una cesta (o sera) y un pisón en madera. La formaleta muy simple consta de algunas varas que hacen de riostras y parales, de paneles de tablas y cuerdas para sostener todo. Su altura es de 60 a 80 cms., su longitud varía de 1.40 a 1.80 mts. Su montaje toma alrededor de 20 minutos. Los muros, generalmente con declive, tienen entre 0.80 y un metro de espesor en la base, reduciéndose a 0.60 mts., o menos, después de los 3.00 mts. de altura.

Tres obreros hacen el trabajo: uno pisa la tierra (el maallem), mientras que los otros le proveen la tierra. El llenado y la compactación de una bancada tomará alrededor de 40 minutos. La rapidez de la ejecución depende del nivel en que se esté trabajando así como de la estación. Para el primer piso la producción diaria llega a un promedio de 8 a 10 bancadas en verano y a 4 o 6 en invierno; en los pisos altos no será mayor a 6 o 7 bancadas en verano y 4 o 5 en invierno. El tiempo de secado es más largo en invierno; en los pisos altos no será mayor a 6 o 7 bancadas en verano y 4 o 5 en invierno. El tiempo de secado es más largo en invierno, y el transporte de la tierra más difícil en los pisos superiores. Una construcción de dos pisos de 12 x 12 mts. demandará alrededor de tres meses de trabajo durante la mejor época (marzo a octubre) y entre 600 y 700 horas de trabajo.

Algunos raros vestigios encontrados en Marruecos, tales como la fortaleza de Tirhernt n'Imassine reflejan una concepción particular de la tapia pisada: los muros están constituidos por hiladas alternadas de bancadas en soga y en tizón *(fig. 58)*.

La primera hilada está formada de bancadas paralelas colocadas a tizón separadas 15 cms. entre sí. Sobre estas a su vez se disponen en soga tres series de bancadas paralelas e igualmente espaciadas. La tercera hilada de bancadas dispuestas en tizón, cubrirá solamente dos de las tres bancadas precedentes. El conjunto forma una gruesa muralla escalonada que remata en un solo muro de tapia pisada. Estas bancadas tenían una altura de 0.90 a 1.00 mt. y un espesor entre 0.45 y 0.55 mts. Esta manera de construir, larga y costosa, que respondía a objetivos militares, ha sido abandonada hoy.



FIGURA 56: LA FORMALETA DE UNA SIMPLICIDAD NOTABLE PERMITE UN ACABADO MUY BUENO

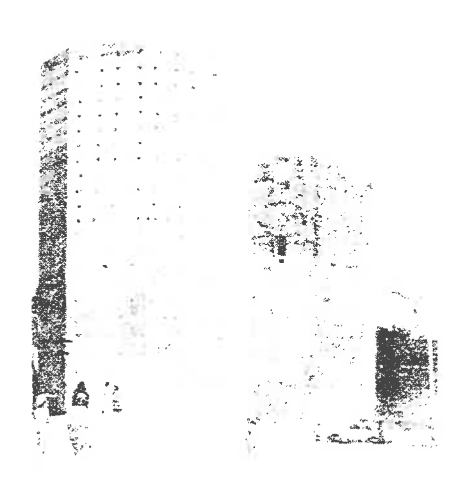


FIGURA 57: PUERTA DE LA CIUDAD DE FEZ (EN TAPIA PISADA)

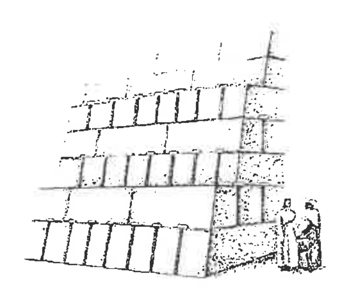


FIGURA 58: MURO EN TAPIA PISADA DE LA FORTALEZA DE TIRHERNT N'IMASSINE

LA TAPIA PISADA EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES

Las construcciones en tierra constituyen el 60% del total construído en el Perú. La mayor parte representado por la tapia pisada y el adobe, este último preponderante en la región costera. Distinguir las construcciones en tapia pisada no es tarea fácil, sinembargo se puede afirmar que se encuentran muy frecuentemente en las regiones montañosas. Lo que explicamos anteriormente sobre la tapia pisada en Francia, con ayuda de testimonios y antiguos escritos, se ilustra aquí, por medio de documentos que provienen de Huancavelica, donde los campesinos construyen tradicionalmente en tapia pisada. La técnica tiene aquí toda la actualidad que ha perdido en otros paí-

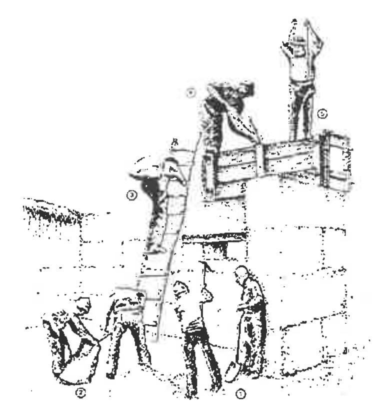


FIGURA 60: ORGANIZACION DE LA OBRA

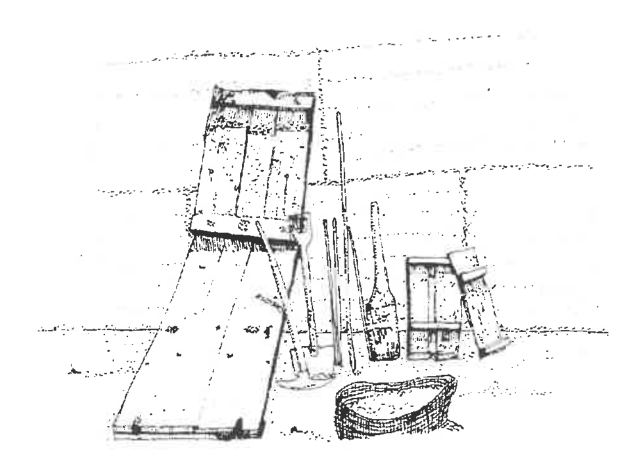


FIGURA 59: LAS HERRAMIENTAS DEL PISADOR PERUANO (HUANCAVELICA)

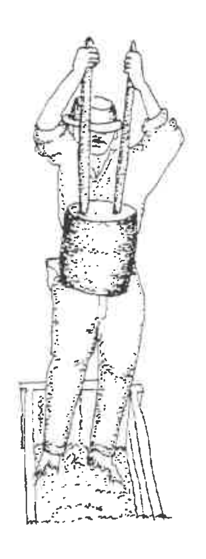


FIGURA 61: UTILIZACION DE UN PISON DE DOS MANGOS

ses. El equipo empleado *(fig. 59)* es muy parecido al utilizado en Francia. Se pueden reconocer:

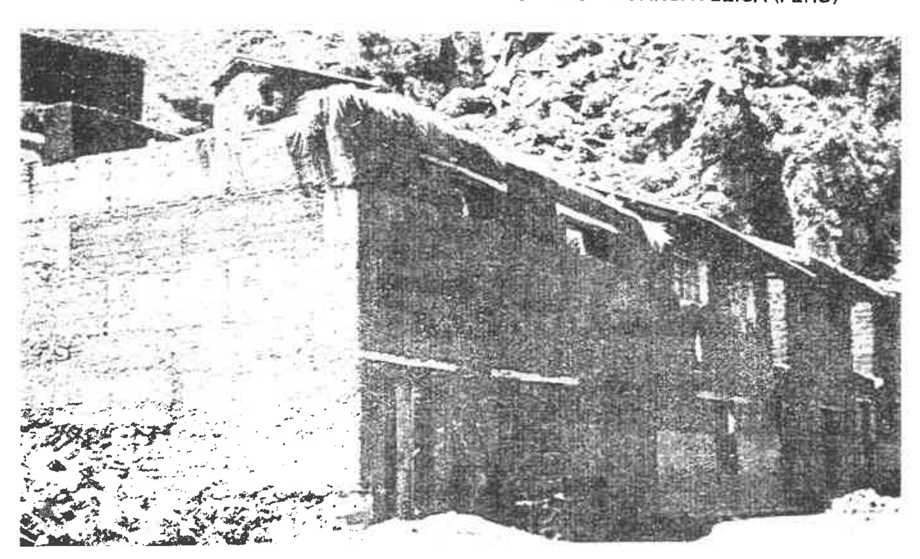
— los paneles de la formaleta en madera (160 x 55 cms.),
— el testero o compuerta,
— los travesaños metálicos, utilizados cocomo riostras,
— el pisón en madera,
— la pala y la pica,
— además algunos costales o sacos de lona y la escalera; he aquí todo lo que se necesita.

La obra se organiza de la manera descrita a continuación *(fig. 60):*

— La tierra se extrae en la proximidad de la construcción que se va a hacer (no hay problemas de transporte).
— Después de la extracción la tierra se empaca en los sacos.
— Se lleva hasta la formaleta cargada sobre la espalda.
— Se deposita dentro de la formaleta, repartiéndola
—Se apisona con un "pilón" o pisón, *(fig. 61)*, que puede tener a veces dos mangos clavados a un gran trozo de madera.

La instalación de la formaleta sobre el muro se demora 20 minutos, y su


FIGURA 62: HUANCAVELICA (PERU)



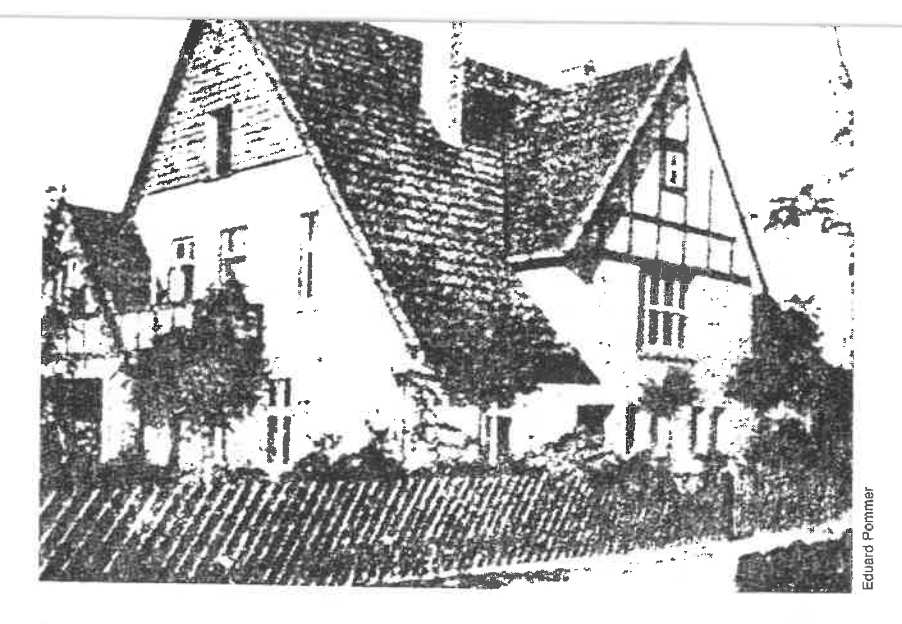


FIGURA 65: CASA DEL SEÑOR SIEBOLT EN TAPIA PISADA BIELEFELD (ALEMANIA)

llenado por tres hombres y dos niños toma de 40 a 50 minutos; cada bancada mide 140 x 45 cms. y el muro 40 cms. de espesor. Los muros terminados se protegen de la lluvia cuando todavía no se ha colocado la cubierta o de un secado demasiado rápido, con paja de ichú *(figu. 62)* (ichú festuca: graminea de los altiplanos peruanos).

ACTUALIDAD DE LA TAPIA PISADA

La tapia pisada tal como ha sido empleada tradicionalmente en algunos países, (por ejemplo en Francia), ha sido abandonada más por factores de orden socio-económico que por razones técnicas. En varios países se han realizado durante la postguerra, investigaciones para actualizar este procedimiento. Se buscó el medio de producir, en épocas de penuria, un habitat de bajo costo. La necesidad de reconstruir de una manera económica y durable, hizo surgir los proyectos oficiales de construcción con tierra.

En Alemania, fueron construidas miles de viviendas rurales. Llegó a haber cinco centros de investigación cuyo propósito era proporcinar una ayuda práctica; un "saber hacer" sobre la tapia pisada, aplicando la tecnología moderna y formando especialistas.

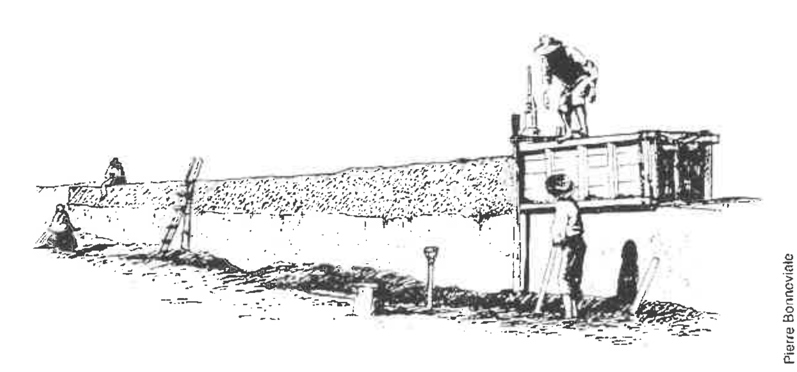
En Francia, se cambió el enfoque de los experimentos. Se ensayó a implantar la técnica en las regiones donde se ignoraba, como en la Somme, donde se construyeron dos granjas modelo en tapia pisada. Se podrían citar miles de ejemplos: Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Bélgica, Dinamarca, Suecia, Australia, etcétera. Casi todos los países industrializados han hecho intentos

para actualizar esta técnica de construcción.

Después de presentar la tapia pisada, bajo sus formas tradicionales, consagramos la segunda parte de este capítulo a la exposición de los avances logrados en este campo, durante los últimos años. La lista a continuación, aunque incompleta, trata de dar una idea general sobre la situación actual de las investigaciones y sobre nuestras fuentes de análisis técnico.

"¡No! Nada es más barato que la casa en tapia pisada".
"La tapia pisada que excluye los demás materiales".
"La tapia pisada con la cual se puede construir en cualquier lugar o país, es un presente que Dios dió a todos los pueblos".
"Si la agricultura es la base de todas las ciencias, ¡la tapia pisada es la primera de las artes!".
"Ojalá mis conciudadanos valoren el bien que mis variados y nuevos procedimientos pueden procurarles...". ¿Debido a qué fatalidad ha permanecido este arte limitado a una sola provincia? ¿Por qué razón, hoy mismo, es olvidado o ignorado en casi todo el mundo? El precioso arte de la tapia pisada es para una nación esclarecida, el medio seguro de hacer florecer su comercio y su industria al servicio y para la felicidad de los hombres, para aliviar la humanidad doliente...".

El ciudadano Cointereaux
(Escuela de Arquitectura Rural
París - 1790)



Pierre Bonneviale

FIGURA 63: TAPIA PISADA EN MEXICO, SE TOMA LA TIERRA AL PIE DEL MURO

Nuestra experiencia en Vignieu (1976) y la construcción de Mostefa ben Brahim (1973), nos sirven de base para formarnos un juicio más objetivo sobre los diferentes puntos tratados. Se encontrará una descripción detallada de estas obras al final del capítulo. Si se quiere "revaluar" la técnica de la tapia pisada, se deben considerar tanto

los problemas ligados como los que tienen que ver con su puesta en obra, entre otros:

- la escogencia de la tierra,
- la estabilización,
- la compactación,
- los cimientos,
- la formaleta y los problemas referentes a la obra misma.

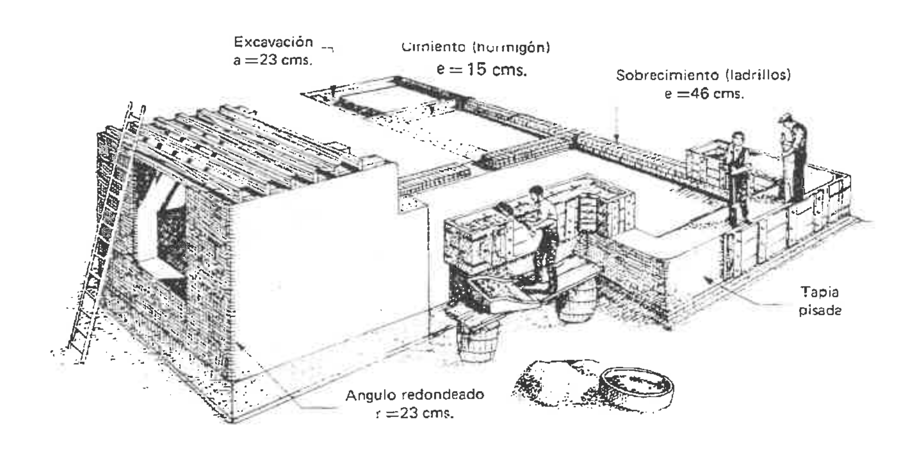
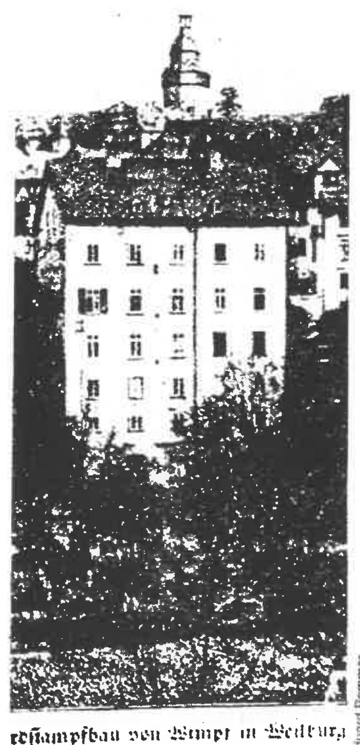


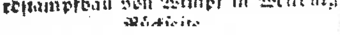
FIGURA 64: CONSTRUCCION DE UNA CASA DE TAPIA PISADA EN GRAN BRETAÑA

PAIS	AÑO	LUGAR	PROYECTO
FRANCIA	1945-46	Somme (cerca de Amiens. Población: "Bosque!"	Reconstrucción de un pueblo destruido en un 95% en 1940. Se hicieron dos viviendas, un establo y una construcción abrícola experimentando el HTE. Sus conclusiones se utilizaron en el REEF. Arquitecto: Dufournet Ingeniero: Florentin.
	1946	Paso de Calais (cerca a Hesdin) Población: Vacqueriette.	Proyecto de 12 granjas. Se construyó una. Arquitecto: Phillippe Constructor: Dejean
	1950	Aisne (cerca de Soisson) Ciudadela SNCF en Tergnier	Proyecto de 500 viviendas. Se hizo una Arquitecto Dufournet Constructor: Thomas-Kotland
	1976	Isere (cerca a Bourgoin) Vignieu	Proyecto de ampliación de un pueblo. No continuó. Estudio de factibilidad de la tapia pisada a pedido del Ministerio de Equipamiento. Responsable: ADETEN. Pequeña construcción experimental.

(continúa en la página siguiente)

PAIS	AÑO	LUGAR	PROYECTO
INGLATERRA	1920	Surrey (cerca a Guildford) Newlands Corner	Una casa experimental sirvió de modelo a los colonos... Responsable: C. William Ellis.
	1927	Wiltshire Amesbury	Proyecto del DSIR (Department of Scientific and Industrial Research). Cuatro viviendas experimentales (éxito).
ALEMANIA	1945-58		Ministerio de la Reconstrucción. Creación de cinco centros docentes sobre el material tierra. Miles de construcciones agrícolas y viviendas. p. ej.: una población minera en Mulchen, una escuela en Wallwitts, etc.
BELGICA	1920	Ypres Schaerbeeck y Uccle	11 casas en tapia pisada Responsable: M. Holland Hannen y Cubitts dos grupos de pabellones. Responsable: M Eshelly "Terradamente" Cia.
DINAMARCA	1929-48	Copenhagen Lyngby	Una casa en tapia pisada Arquitecto: S. Risom una casa en tapia pisada Método: GEOTEK
NORUEGA	1925	Melibge Hedmark	Una casa de 200 mts 2 Una granja en tapia pisada
SUECIA	1921-23	Harpling-Hallard Ostra Odarslov Hedviksnas-Tibro Lund Igelstorp	Varias construcciones en tapia pisada Una casa Una casa Una casa Una casa, etc...
MARRUECOS	1967	Ouarzazate	Proyecto oficial de vivienda de bajo costo, construcción de cinco casas abovedadas. Responsable: M Masson-CERF
ARGELIA	1973	Mostefa ben Brahim	Proyecto oficial —construcción de 30 casas en HTE Pueblo piloto de 300 viviendas. Chantier Populaire de la Revolution Agraire CPRA Responsables: H. Houben, P. Pedrotti, D. Belmans.
CANADA	1953	Universidad de Saskatchewan	Ensayos. Construcción de muros en tapia pisada.
EUA ALASKA	1968	Anchorage	Dos casas en tapia pisada hechas por los "voluntarios VISTA"
EUA	1935	Clemson Carolina del Sur	Pequeña construcción experimental. Clemson. College Engineering Experiment Station.
	1940	Cmaeron Valley cerca de Alexandria Virginia	Conjunto de viviendas de carácter social. Proyecto: T. Hibben
	1959	Brookings	Experimentos del "South Dakota State College"
AUSTRALIA	1952	Sidney	Serie de experimentos "Commonwealth Experimental Building Station"
INDIA	1950	Punjab	Proyecto de 4.000 viviendas para refugiados. Ingenieros: P L. Varma MIE, S. R. Mehra Amice
COREA DEL NORTE	1955	Hamhung	Conjunto de viviendas con asesoria de especialistas de Alemania del Este.





Eduard Pommer

FOTO TOMADA EN 1920



Hildegard Erhard

EL MISMO INMUEBLE EN 1978

FIGURAS 67/68: INMUEBLE DE HABITACION CONSTRUIDO POR WIMPPF EN WEILBURG EN EL SIGLO IXX

LOS PROBLEMAS DEL MATERIAL

La escogencia de la tierra

Esencialmente ligado con las investigaciones concernientes a las obras públicas, los estudios de mecánica de suelos, relativamente nuevos, permiten escoger una tierra, determinar su granulometría y, de un suelo, (p. ej. el contenido óptimo de agua, muy importante para la tapia pisada) pueden ser determinadas por los ensayos expuestos en el capítulo "Análisis de suelos". Recordemos simplemente que la tierra se emplea en la tapia pisada en estado "seco".

La estabilización

En todos los experimentos se ha estabilizado la tierra. Los estabilizan-

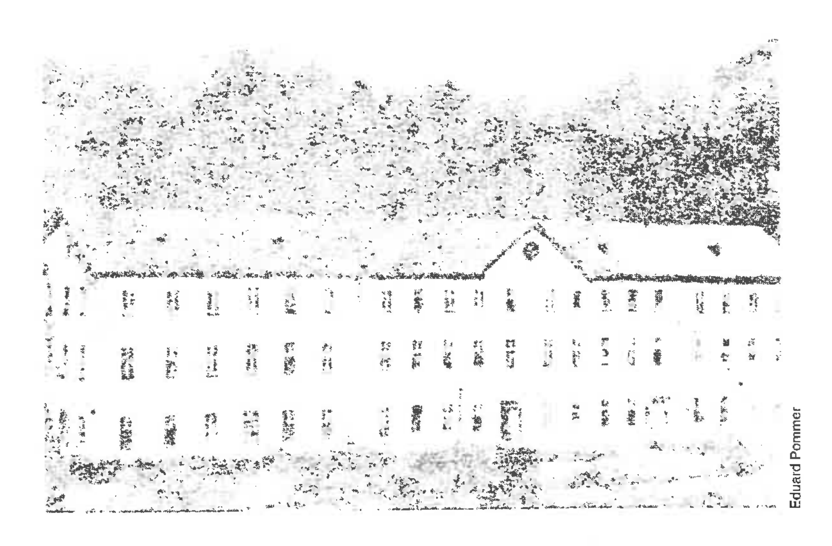


FIGURA 66: FABRICA DE CERAMICA (TAPIA PISADA) CONSTRUIDA POR WIMPF A COMIENZOS DEL SIGLO XX. DESPUES DE 45 AÑOS DE TOTAL ABANDONO (CUBIERTA Y VIDRIOS ROTOS), ESTA CONSTRUCCION CONSERVABA EN 1920 LOS MUROS Y LOS PAÑETES INTACTOS. FUE NECESARIO DESTRUIR CON DINAMITA (LOS MUROS SE HABIAN ESTABILIZADO CON EL CALOR DE LOS HORNOS) ESTA CONSTRUCCION QUE YA NO EXISTE

tes empleados hasta hoy para la tapia pisada son el cemento y la cal. Un estudio completo sobre los estabilizantes se hace en el capítulo consagrado a la "Estabilización". Esta estabilización ha dado nacimiento, a toda una serie de nombres que designan, en efecto, el mismo procedimiento. Así para "tapia pisada estabilizada", se encuentra los nombes de B.T.S. (Beton de Terre Stabilisée), Terracrete, Geobeton, procedimientos Géotech, Mecater, Terradamente, y otros.

La compactación

La compactación es una fase fundamental de la construcción en tapia pisada. Se hizo un trabajo de investigación sobre las herramientas adecuadas y los ensayos comparativos han tenido lugar en diferentes países.

LA COMPACTACION

A. La compactación manual

Los pisones utilizados tradicionalmente en Suecia, Australia, Brasil, etcétera tenían formas muy diferentes *(figura 69)*. Algunos tenían una extremidad en forma de cuña, otros en extremo aplanado. En Suecia se debían emplear tres clases de pisones según el trabajo a efectuar (pisado a lo largo de las formaletas, en las esquinas o en el medio). En otros países como en Brasil, se contentan con un solo pisón.

Muchos factores intervienen en la escogencia de un pisón: su peso, la sección de la superficie de golpe, el material del mango y su tamaño, el material del ariete o la forma del mismo.

a) El **peso óptimo** del ariete es del orden de 5 a 9 kgs. Este puede variar de acuerdo a la estatura o a la fuerza del pisador. Se puede observar la regla siguiente, que indica el peso de un ariete en relación con su sección de golpe: 80 a 250 gr/cm2 (El "Centro Regional de Ayuda Técnica" de México indica 100 a 140 gr/cm2, el cual está incluido en el intervalo antes citado).

b) **la sección de golpe** se sitúa de preferencia en los alrededores de los 64cm2 (8 x 8), y no sobrepasará jamás, en principio, los 225 cm2 (15 x 15) (pisón australiano).

c) **el mango** puede ser de madera lisa, (material frágil) o de metal (más resistente). Se pueden también utilizar tubos metálicos huecos, de un diámetro de 4 cms. que permiten un relleno en su interior para aumentar el peso de la herramienta de voluntad. El tamaño del mango se sitúa entre 1.50 y 1.80 mts.

d) **el ariete** se hace en madera o en metal. Para evitar un desgaste muy rápido o su rotura, es necesario proteger la superficie de golpe de los pisones de madera, bien sea por una placa metálica o bien por un refuerzo clavado. Los arietes en madera son de fácil fabricación y se pueden hacer en la obra de acuerdo a la necesidad, con la forma deseada y en función del trabajo que deben cumplir. Los rietes metálicos son más fáciles de manejar porque son más pequeños. Existen pisones muy apropiados hechos en hierro colado.

e) **la forma del ariete:** Existen numerosas. Su interés y ventajas se discuten. Los arietes redondos dañan menos las formaletas pero en la compactación de los bordes son menos eficientes. En todo caso es recomendable un redondeamiento de las aristas: evita dañar el encofrado o causarse heridas. Tradicionalmente se creyó obtener los mejores resultados con pisones cuyo ariete tuviera forma de cuña. en South Dakota State College U.S.A.) se han experimentado numerosas formas de arietes *(fig. 70A1).*

El experimento consistió en pisar, con la ayuda de diferentes pisones, cinco bloques experimentales dosificados con un 32.7% de arena. Enseguida se practicó el ensayo de resistencia a la compresión de estos bloques en el laboratorio. He aqui los resultados:

* Para un ariete de forma plana, ángulo de 180°, la resistencia (promedio) a la compresión fue de 35 kg/cm2.
* Con una extremidad en ángulo de 120°, la resistencia fue de 35 kg/cm2.
* Finalmente, con una extremidad en ángulo de 90°, se obtuvo una resistencia de 25 kg/cm2.

Desde el punto de vista de la resistencia, los pisones de ariete plano, dan resultados sensiblemene mejores que aquellos de ariete en forma de cuña. Los ingleses, al contrario, prefieren los pisones de ariete en

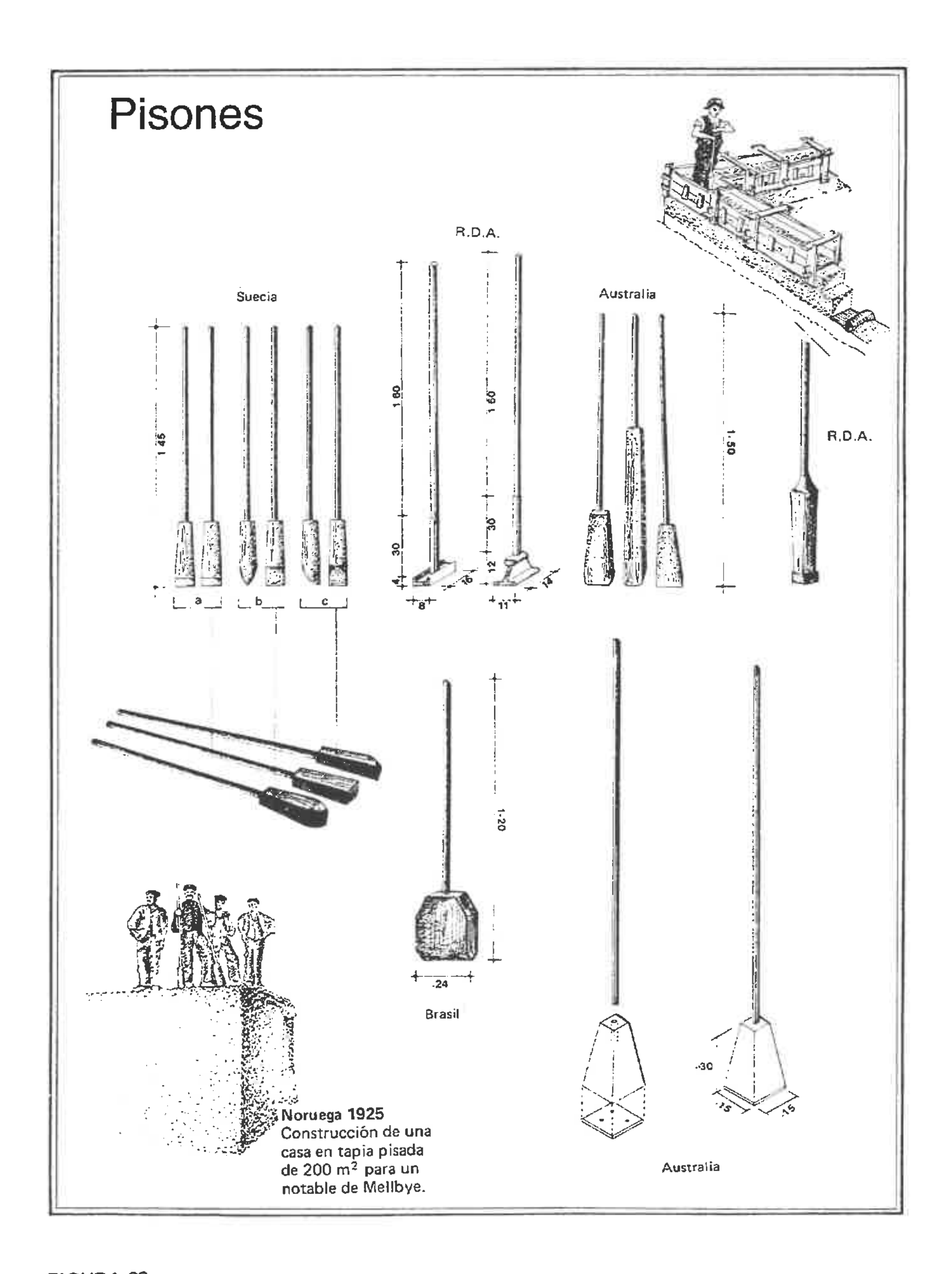

Pisones
R.D.A.
Suecia
Australia
1.45
1.60
1.60
1.50
R.D.A.
30
30
12
a
b
c
8
11
16
14
1.20
.24
Brasil
.30
.15
.15
Australia
Noruega 1925
Construcción de una casa en tapia pisada de 200 m² para un notable de Mellbye.

FIGURA 69

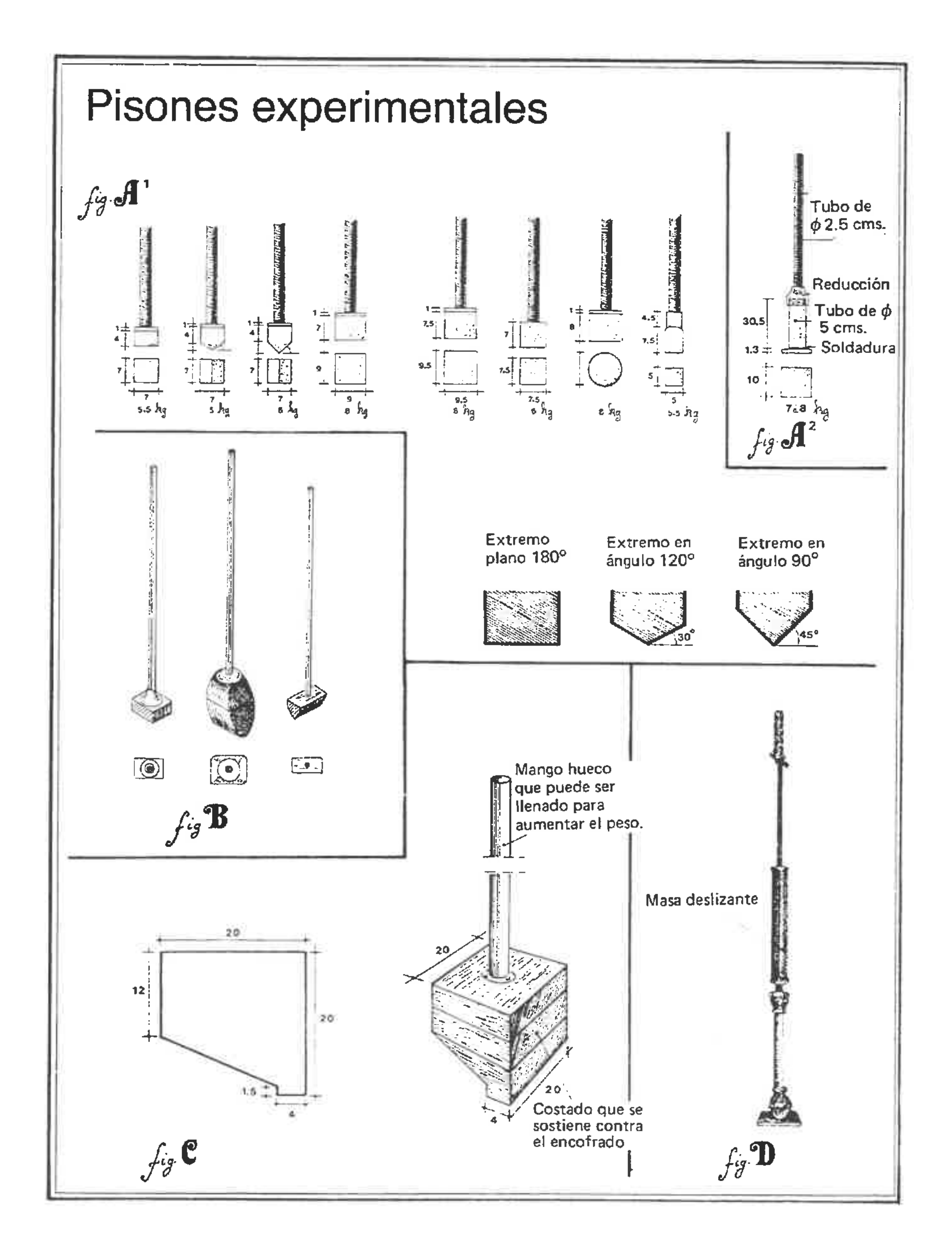

Pisones experimentales
fig A1
fig A2
Tubo de
ϕ 2.5 cms.
Reducción
Tubo de ϕ
5 cms.
Soldadura
Extremo
plano 180°
Extremo en
ángulo 120°
Extremo en
ángulo 90°
fig B
Mango hueco
que puede ser
llenado para
aumentar el peso.
Masa deslizante
Costado que se
sostiene contra
el encofrado
fig C
fig D

FIGURA 70

forma de cuña *(fig. 70B)*, **pisón de la derecha)**. Un pisón de forma interesante ha sido ideado por el "Laboratoire du Bätiment et des Travaux Publics" *(fig. 70C)*. Este presenta ciertas ventajas. En primer lugar es fácil de tallar en un trozo de madera. Por otra parte se obtienen paramentos más lisos que con un ariete plano, sosteniendo la cara vertical más alta contra los paneles.

¿Cómo utilizarlo? Se trabaja con un equipo de tres pisadores uno detrás de otro a largo de la bancada, uno contra cada pared con este pisón y el último en el centro con un pisón corriente. Los golpes de los bordes se deben reducir porque los dos primeros pisadores, golpeando la tierra contra las paredes refuerzan la eficacia del encofrado. Un pisón con mango deslizante *(fig. 70D)*, experimentado en los Estados Unidos, del cual tuvimos información, no presenta ninguna ventaja particular a nuestros ojos.

De la manera como el pisón sea utilizado depende, evidentemente, la calidad de la tapia pisada. Experiencia de "South Dakota State College": se experimentaron tres maneras de utilizar un mismo pisón sobre una serie de cinco bloques en cada ensayo:

La primera serie de cinco bloques fue ejecutada dejando caer el pisón desde una altura de 10 cms, sin hacer presión sobre este.

La segunda serie de cinco bloques fue ejecutada dejando caer el pisón desde una altura de 15 cms. ejerciendo una ligera presión en cada golpe.

La tercera serie de cinco bloques fue ejecutada dejando caer el pisón desde una altura de 30 cms, con toda la fuerza posible a cada golpe.

Se midió enseguida la resistencia a la compresión de las tres series de cinco bloques.

Resistencia promedio a la compresión obtenida:

1a. serie: 6.5 kg/cm^2
2a. serie: 13 kg/cm^2
3a. serie: 27.5 kg/cm^2

Quince años más tarde, el estado del muro realizado con la compactación de la segunda serie, era todavía satisfactorio. Se ve que una compactación enérgica juega un papel importante en la resistencia del material. Sinembargo, una compactación excesiva no es necesaria para la tapia pisada, si bien ella aumenta su resistencia a la compresión. Según este estudio, una pequeña presión es necesaria, particularmente al principio y al final de la compactación de cada capa. Sin esta presión, el fondo de la capa pisada, no sería suficientemente compactada. La resistencia a la erosión depende probablemente de la intensidad de la compactación.

Los pisones manuales tienen una presión estática promedio de 0.10 a 0.25 kg/cm^2. Pemiten en general la compactación de una cpa de 10 cms. de espesor. Teniendo esto en cuenta y para evitar riesgos y tener

una compactación uniforme, es prudente limitar esta altura de 5 a 7 cms. de tierra compactada. Se termina la compactación de una capa cuando el pisón no deja marca sobre la superficie, la caída del pisón produce entonces un sonido seco.

B. La compactación mecánica

Para hacer una buena escogencia de la herramiena adecuada, son indispensables los ensayos en la obra. La energía de compactación de una máquina obedece a múltiples factores:

— la cantidad óptima de pasadas realizables;
— la velocidad de progresión deseable;
— el espesor óptimo de la capa suelta a compactar de una vez.

Otros datos, tales como la intensidad de las presiones transmitidas por la máquina al suelo, son fenómenos físicos dinámicos bastante difíciles de establecer, que informan sobre la posibilidad de empleo de tal o cual aparato.

El número de pasadas (N)

Depende a la vez del aparato *(fig. 71)* y del suelo. Al comienzo de la compactación se da una relación lineal entre este y la densidad seca obtenida hasta llegar a un límite. Al cabo de cierto número de pasadas es inútil seguir compactando. Para obtener una densidad seca mayor, es necesario recurrir a un aparato más potente. La pendiente de la derecha en la gráfica y el número de pasadas mínimo no puede ser determinado sino mediante ensayos.

La velocidad de pasada (V)
(fig. 72)

El número de pasadas necesario para alcanzar una buena "densidad seca" aumenta con la velocidad; pero cualquiera que sea, la compactación final es más o menos constante. Es de notar que el número de pasadas no aumenta proporcionalmente con la velocidad, sobretodo si esta es poca. La velocidad óptima debe buscarse en cada caso particular.

La capacidad horaria (C)

La capacidad horaria (C) se da en función de la relación V/N mín. Es mayor en tanto la relación V/N min. sea más grande.

El gradiente de compacidad

Es interesante determinar el gradiente de compacidad; es decir la variación de la "densidad seca" en relación a la variación en profundidad de la tierra compactada, esto para obtener el espesor máximo de la capa de tierra suelta. *(Fig. 73).*

• Si el contenido de agua es inferior al contenido óptimo, la densidad seca decrece casi linealmente con la profundidad.

• Si el contenido de agua es superior o igual al contenido óptimo, la densidad seca permanece prácticamente constante (gradiente = 0)

hasta una cierta profundidad y enseguida decrece linealmente.

• Si el contenido de agua es muy superior al contenido óptimo, la densidad seca es inferior a la densidad seca máxima pero permanece prácticamente constante (gradiente = 0) hasta una gran profundidad.

Los aparatos de compactación que se pueden emplear para el hormigón de tierra, son generalmente aquellos que se usan en la construcción de vías en la fundición de concreto. Puesto que sólo nos interesamos en el hábitat, no nos ocuparemos en detalle de la maquinaria pesada. Recordamos (en el caso de las vías de acceso, pistas de aterrizaje, plazoletas, patios, etcétera):

• Los *cilindros lisos* que compactan por presión estática más o menos 20 a 25 cms. de tierra suelta, en 8 a 15 pasadas.
• Los *cilindros vibratorios*, cuya carga lineal es de 10 a 25 kg/m que funcionan a una frecuencia de 1200 a 3600 ciclos/minuto, de amplitud variable.
• Los rodillos "pies de carnero" que ejercen presiones de 7 a 14 kg/cm^2 sobre capas de tierra de 20 cms de espesor máximo. Tienen la ventaja de compactar primero el fondo y subir gradualmente hasta la superficie de la capa de tierra.

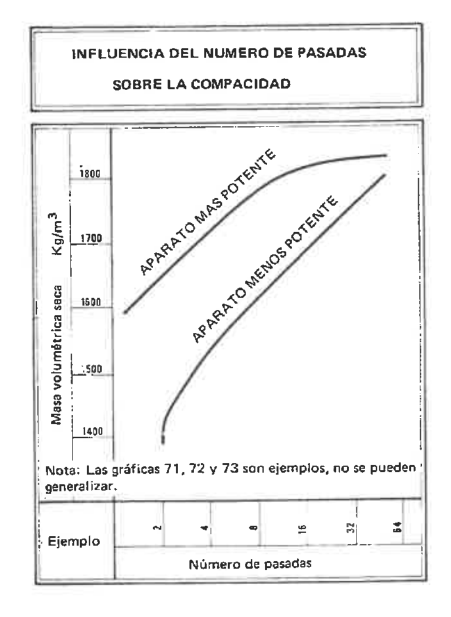


FIGURA 71
INFLUENCIA DEL NUMERO DE PASADAS SOBRE LA COMPACIDAD

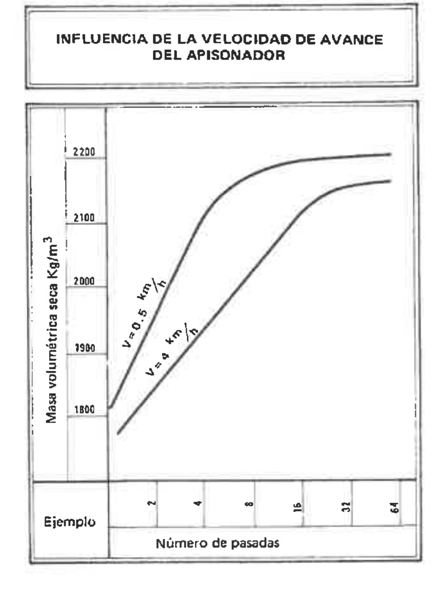


FIGURA 72
INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE AVANCE DEL APISONADOR

• Los *cilindros neumáticos:* de una carga de una a dos Ton/neumático, los cuales compactan, en 10 a 15 pasadas, 15 a 25 cm. de tierra.

Para el hormigón de tierra, formaleteado, empleado en la construcción, conviene escoger un equipo liviano fácil de manipular. Dos tipos de aparatos pueden ser tenidos en cuenta: • los que compactan por *impacto*; • los que compactan por *vibración*.

APARATOS DE COMPACTACION POR IMPACTO

Apisonadores neumáticos

Se utilizan estas herramientas en la fundición pesada (hormigón) para pisar la arena dentro de las formaletas. Los vibradores son demasiado pequeños para pisar los muros; solamente los apisonadores de suelo nos interesan. Se encuentran en el mercado (Atlas Copco, Ingersoll-Rand, etcétera).

Estos apisonadores deben tener un recorrido largo, un golpe potente y una alimentación de aire moderada. La presión de aire debe alcanzar los 5 kg/cm^2. Los apisonadores neumáticos pueden tener presiones estáticas del orden de 0.45 kg/cm^2. El número de golpes puede variar de 400 a 700/minuto. Esto da como resultado una compactación muy enérgica. Se constató que los muros apisonados con apisonador neumático tienen una densidad seca notablemente uniforme, mientras que el apisonado manual daba un resultado muy irregular.

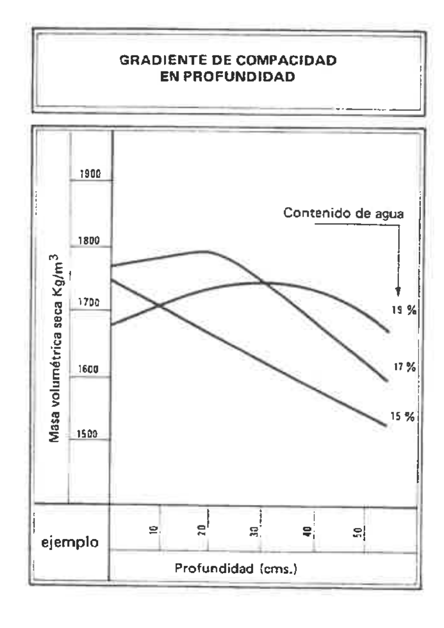


FIGURA 73
GRADIENTE DE COMPACIDAD EN PROFUNDIDAD

Los pisones vibrantes

Tienen una presión estática de 0.05 a 0.10 kg/cm^2. Pero este inconveniente es compensado por una frecuencia muy alta de golpes/min (500 a 1.000). La profundidad de la compactación del nivel AASHO standard alcanza 30 cms. y el peso se sitúa entre 60 y 100 kgs. El recorrido es corto (35 a 40 mm) y la velocidad de avance es del orden de 13 m/min. En general, se compactan 15 cms. en cuatro pasadas. El rendimiento es de cerca de 7M3/hora.

Estos aparatos, de tamaño moderado, pueden ser empleados en dife-

rentes tipos de formaleta. Su peso los hace más aptos para el apisonado de planchas, espacios reducidos, etcétera. Aquí presentamos un cuadro resumido de los apisonadores neumáticos y de los pisones vibradores de los cuales hemos ensayado algunos modelos *(fig. 75-76).*

Martillos neumáticos equipados con un ariete

Deben proscribirse porque su recorrido es muy corto y su frecuencia elevada (cerca de 800 golpes/min.). Además estos aparatos pesan de 15 a 25 kgs. lo cual hace su manipulación muy fatigante. Es de notar que

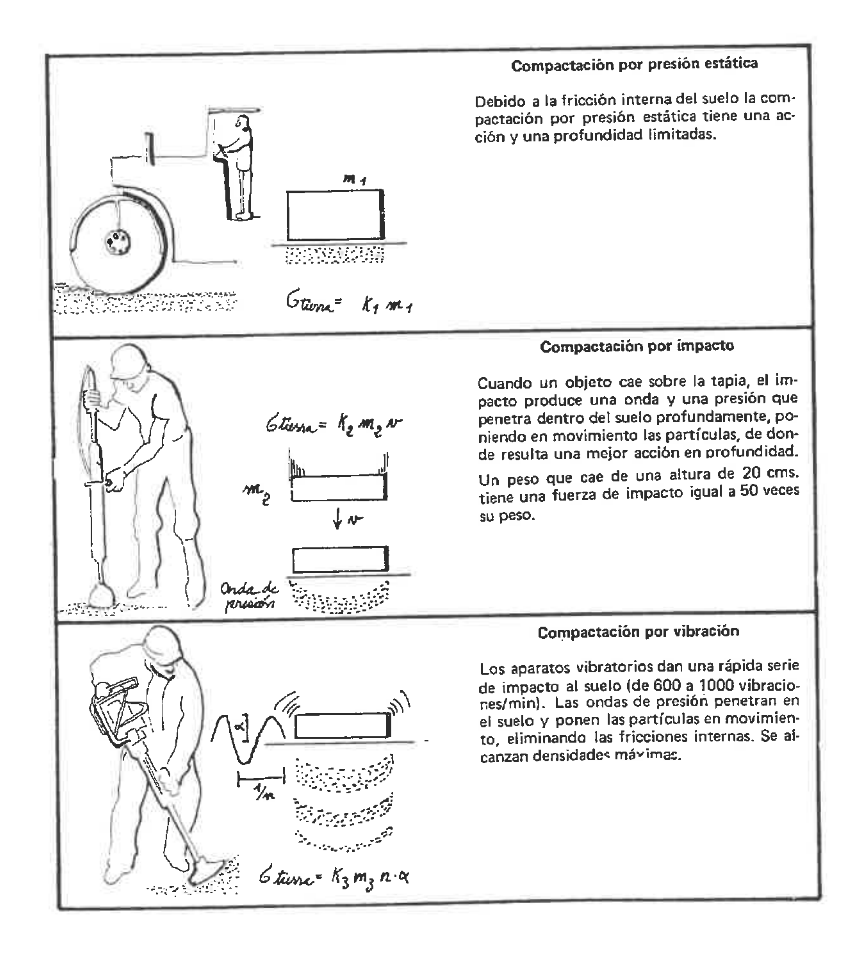


FIGURA 74: LOS DIFERENTES METODOS DE COMPACTACION

TIPO	APISONADORES NEUMATICOS		
Nombre del fabricante	Atlas Copco	Atlas Copco	Outiperret
Nombre del aparato	RAM 30	RAM 20	OPFL 3
Peso (Kg)	18,5	10,9	14,5
Altura (m)	1,23	1,31	1,20
Frecuencia golpes/minuto	440	700	400
Recorrido (mm)	284	203	
Consumo	0,8 m³ air /mn		1,1 m³ air/mn
Precio 1976	3400 F	2000 F	1650 F
Dimensiones del ariete (cms.)	ø 145 mm	ø 75 mm	cuadrada 70 x 70 mm
Comentario	Satisfactoria. Muy buena compactación. Fácil manejo aunque algo pesada. Mayor potencia que la necesaria. Ver nuestra experiencia en Vignieu.	Superficie de impacto muy pequeña que produce un efecto de perforación. Sería necesario ensayarla cambiando la dimensión del ariete.	Manejable y liviana. La superficie de impacto es demasiado pequeña. Se recomienda ensayarla cambando el ariete.

FIGURA 75

TIPO	APISONADORES NEUMATICOS	PISONES VIBRANTES	
Nombre del fabricante	George Renaud	Wacker-France	Wacker-France
Nombre del aparato	F 18	BS 50	BS 20
Peso (Kg)	10,8	55	26
Altura (m)	1,14	1,16	1,02
Frecuencia golpes/min.	600	500-630	850-900
Recorrido (mm)	163	45 Max	42 Max
Consumo	0,8 m³air /mn	1,9 l/h Mezcla aceite/gasolina	1,2 l/h Mezcla aceite/gasolina
Precio 1976	1400 F	5000 F	4113 F
Dimensiones del ariete (cms.)	Redondo ø 95 Cuadrados 100 x 100 130 x 130, Rectangul. 25 x 78 35 x 120	320 x 280 mm Rectangular	Intercambiable
Comentario	Aparato sin experimentar Parece conveniente examinarlo...	Aparato demasiado pesado para ser manipulado entre las formaletas. Puede servir para planchas de 1er. piso, plazote plazoletas, corredores, patios, etc...	Mas pesado que un apisonador neumático. Manipulación difícil dentro de espacios reducidos. Recorrido corto y alta frecuencia que pueden producir una compactación demasiado fuerte y fenómenos de resonancia

FIGURA 76

las cabezas de los pisones deben ser de una sola pieza (en hierro colado) o si nó las soldaduras no resisten las vibraciones.

LOS CIMIENTOS

Como los muros de tierra son gruesos, el ancho de los cimientos repercute ciertamente sobre el costo de la vivienda. Conviene, por tanto, escoger las soluciones tecnológicas más económicas. Cabe recordar *(fig. 77A)* que un cimiento debe ser suficientemente resistente a las cargas de la construcción, servir de amarre, ser lo suficientemente profundo para quedar por debajo de la "línea de heladas" (altura H2) y rebasar el suelo para formar un sobrecimiento (algura H1=50 cms.). En cualquier caso un buen drenaje del terreno es indispensable. Los materiales del cimiento pueden ser:

— hormigón (armado o no);
— una mampostería de ladrillo, sillares de piedra, bloques de cemento, etcétera.
— hormigón de tierra fuertemente estabilizado, pisado, o en forma de bloques.

El remate del sobrecimiento *(fig. 77B)* no debe rebasar la superficie exterior del muro para evitar que el rebote del agua desgaste la base de este. Una ranura de 5 cms. de altura por 3 cms. de profundidad forma un botàguas y constituye una precaución adicional. Es importante recubrir la parte superior del sobrecimiento con un material que impida la remonta del agua por capilaridad: betún o brea, tela asfaltica, productos naturales aislantes (latex, resina...), piedras planas (pizarras, lajas...).

El piso del primer nivel se apoya directamente en el sobrecimiento o sobre una estructura independiente. A fin de economizar el material se han propuesto diferentes soluciones *(fig. 77):*

D: Sobrecimiento y cimiento demasiado grandes (Fuente: Dufournet CSTB).
E: Cimiento económico (Fuente Dufournet CSTB).
F: Apoyo del piso sobre columnas independientes (Fuente: Commonwealth Experimental Building-Austalia)
G: Sobrecimiento más económico (Fuente: Commonwealth Experimental Building Station).
H: Encofrado difícil de realizar (Fuente: South Dakota State College-Estados Unidos).

EL ENCOFRADO

Elemento básico en la técnica de la tapia pisada, la formaleta tiene un rol esencial en la puesta en obra del material y en consecuencia en el costo de la construcción. Su concepción debe ser estudiada hasta en los menores detalles y conviene tener en cuenta todos los puntos que vamos a explicar con la ayuda de gráficos que muestran cada uno un tipo particular de formaleta.

1.- Solidez. Una formaleta debe ser sólida puesto que debe absorber esfuerzos superiores a una de hor-

migón. Se pueden considerar dos soluciones:

- una consiste en emplear paneles gruesos (utilizaciôn de tablas de 4 a 5 cms. de espesor, por ejemplo);
- la otra consiste en volver rígidos paneles más ligeros (multiplicación de parales, travesaños, etcétera o estructura integrada).

Los paneles laterales *(fig. 102)* que nosotros utilizamos en Vignieu, tenían 15 mm. de espesor, lo cual resultó insuficiente, presentando una deformación de un cm. entre los montantes verticales, distantes 65 cms. entre sí. Los cortes que se hicieron en la base de los paneles los debilitaron.

2.- Estabilidad. Se deben tener en cuenta las vibraciones ocasionadas por una compactación mecánica. Ellas pueden, en efecto, desplazar la formaleta. Un apisonamiento más fuerte en un lado que sobre el otro puede producir el mismo efecto. Para guardar su estabilidad la formaleta debe abrazar la hilada inferior 15 a 20 cms. *(fig. 89L)*. Esta formaleta rodante tiene un buen apoyo de 19 cms. Se usa la misma medida para el apoyo vertical de la bancada precedente sobre la misma hilada.

El apuntalamiento exterior que debimos utilizar en Vignieu, fue muy lento en su realización. Nos ocasionó una perdida de tiempo nada despreciable, por esta razón se debe buscar otra solución.

3. Maniobrabilidad. Depende del peso de la formaleta. Para mantener la solidez y rigidez de esta es necesario utilizar elementos que la vuelven más pesada. A veces el refuerzo de los paneles si está integrado, obligará al empleo de un sistema para desplazarla (grua u otros, etcétera). Nuestra formaleta de Vignieu fue rigidizada por medio de perfiles metálicos, en forma de Omega Ω , desmontables *(fig. 102)*. Una vez colocados los travesaños inferiores, el montaje fue rápido (20 min. para una luz de 4 mts.) pero el aplomado y el apuntalamiento fueron difíciles y demandaron más tiempo.

La formaleta rodante *(fig. 89L)* es una solución interesante para encofrados pequeños.

4.- Aplomado. Es una operación delicada que puede tomar demasiado tiempo si la formaleta está mal concebida. En Vignieu, utilizamos más de una hora. El encofrado *(fig. 92N)* se ajusta por medio de "gatos de rosca" exteriores, fijos a los refuerzos facilitando el control del aplome.

5.- El problema de las riostras. Se han propuesto algunos sistemas para suprimir las riostras, *(figs. 87J-88K-89L)*. El único inconveniente que causan las riostras es dejar huecos en los muros. Se pueden mantener para facilitar la operación del aplome, pero retirándolas antes de hacer el relleno. La extracción de las riostras no es difícil durante el desmonte de la formaleta si se toma la precaución de colocarlas sobre arena o de envolverlas en papel. Una solución consiste en utilizar platinas metálicas *(fig. 85H)*

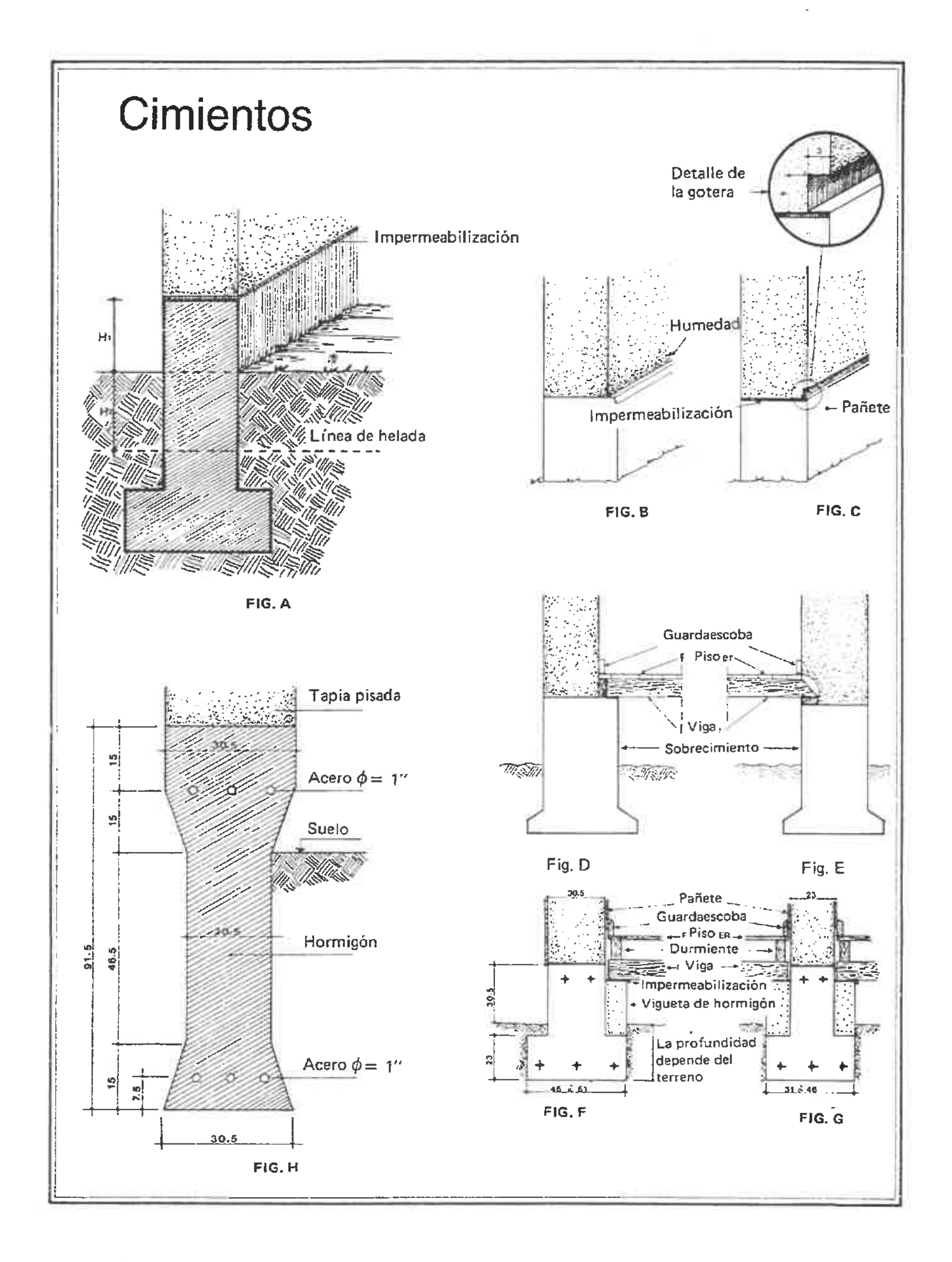
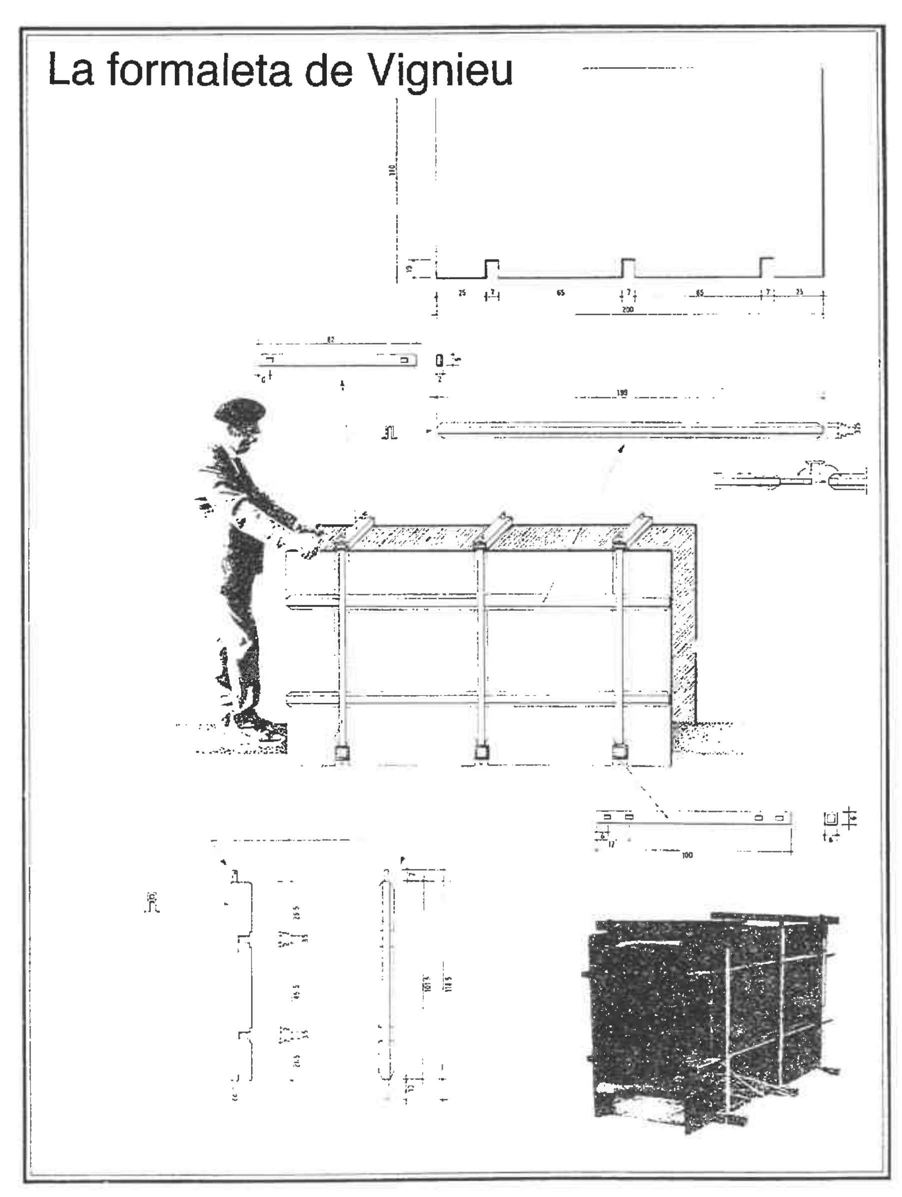

Cimientos
Impermeabilización
Línea de helada
FIG. A
Detalle de la gotera
Humedad
Impermeabilización
Pañete
FIG. B
FIG. C
Tapia pisada
Acero $\phi = 1''$
Suelo
Hormigón
Acero $\phi = 1''$
30.5
FIG. H
Guardaescoba
Piso
Viga
Sobrecimiento
Fig. D
Fig. E
Pañete
Guardaescoba
Piso
Durmiente
Viga
Impermeabilización
Vigueta de hormigón
La profundidad depende del terreno
FIG. F
FIG. G

FIGURA 77



ADETEN

FIGURA 102

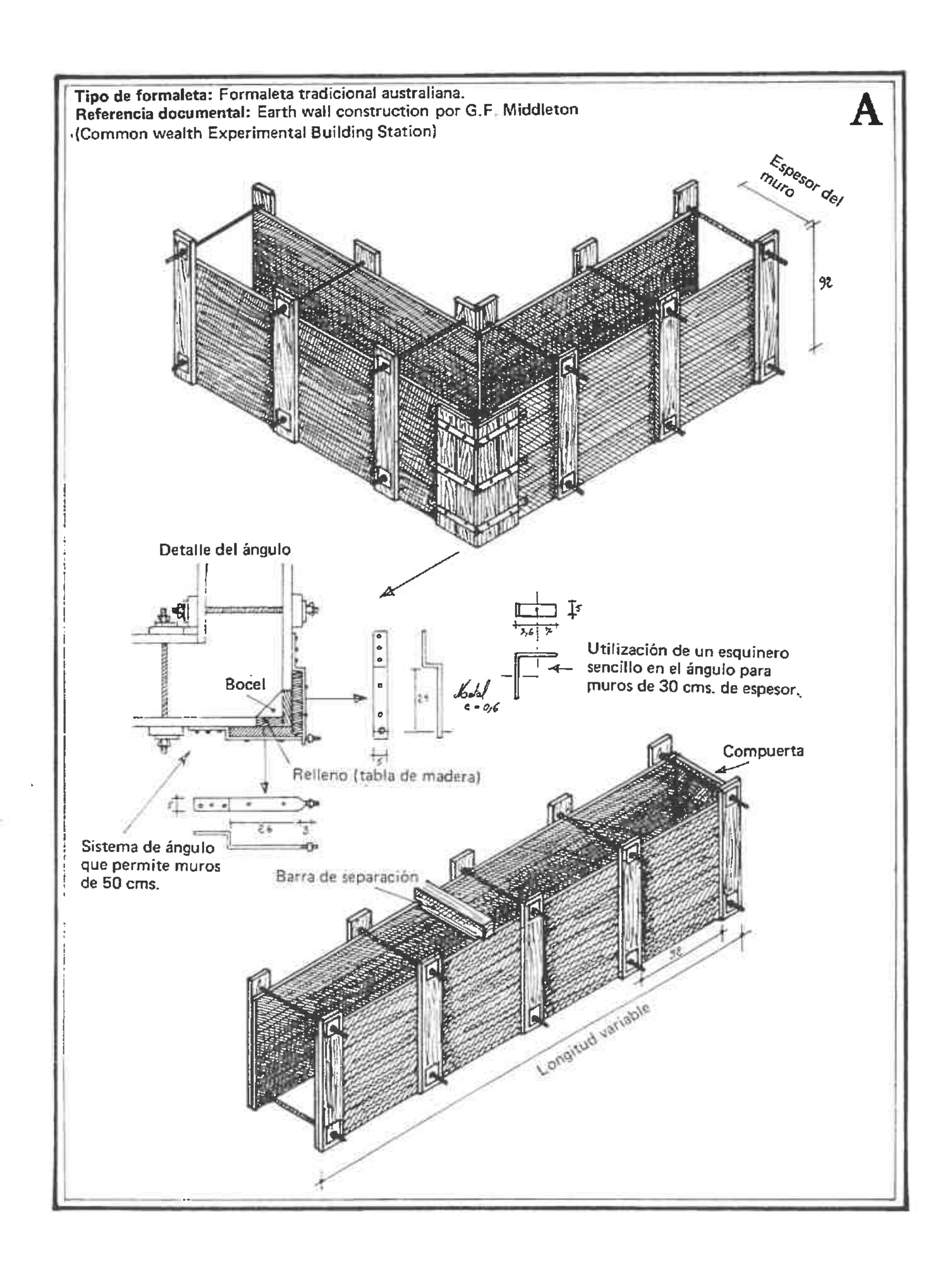

Tipo de formaleta: Formaleta tradicional australiana.
Referencia documental: Earth wall construction por G.F. Middleton
(Common wealth Experimental Building Station)
A
Espesor del muro
92
Detalle del ángulo
Bocel
Relleno (tabla de madera)
Utilización de un esquinero sencillo en el ángulo para muros de 30 cms. de espesor.
Sistema de ángulo que permite muros de 50 cms.
Compuerta
Barra de separación
Longitud variable

FIGURA 78

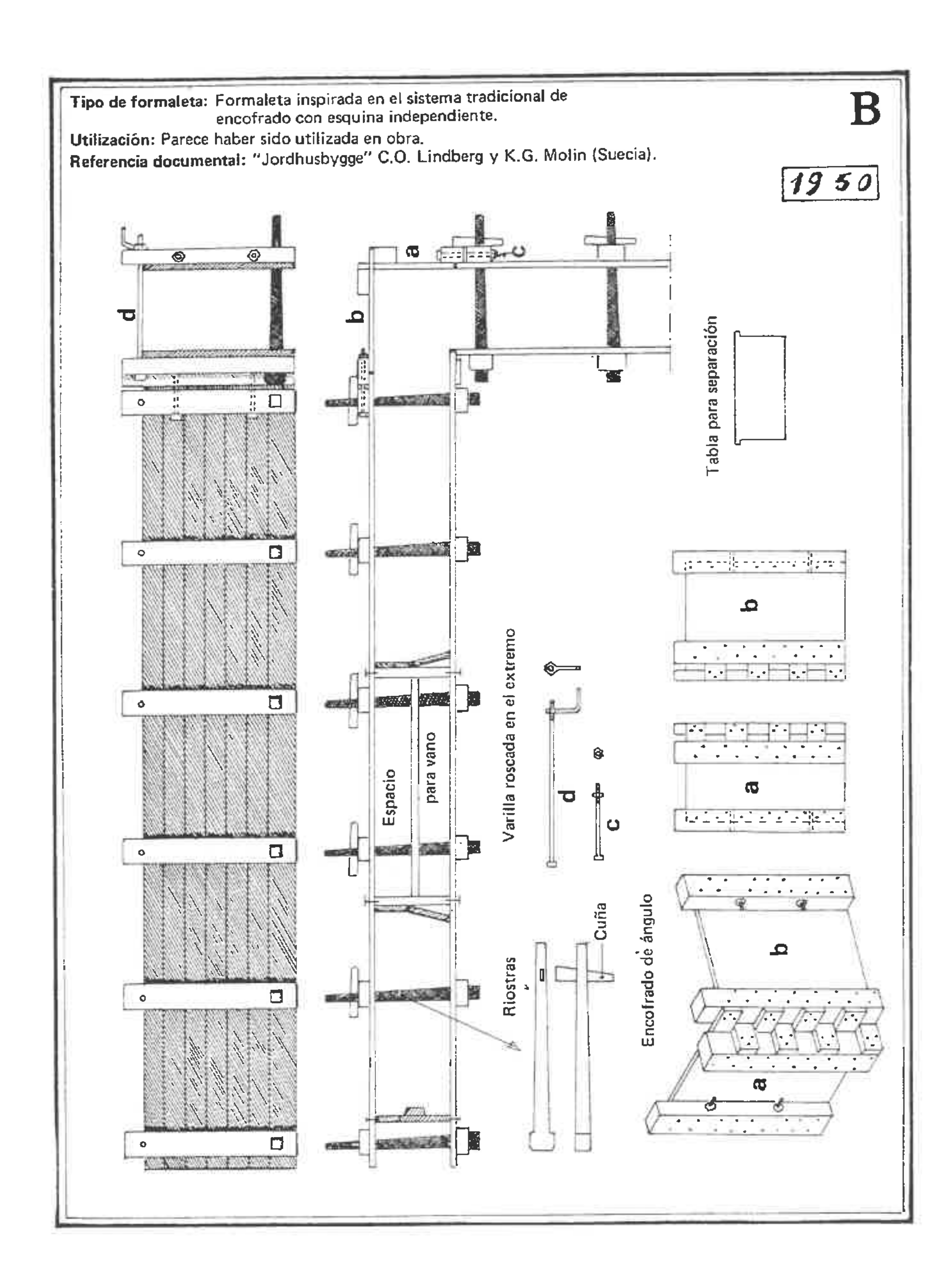
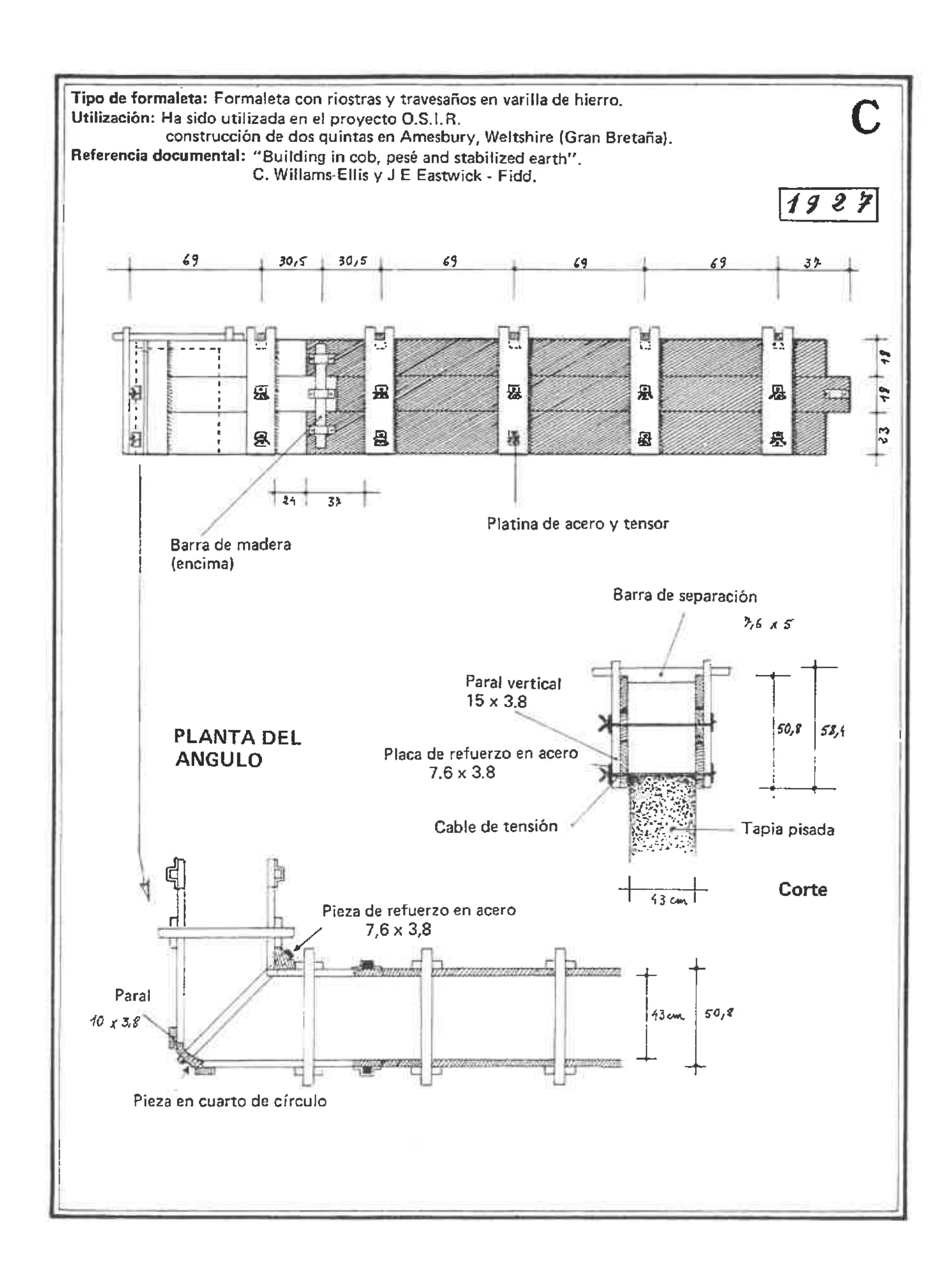

Tipo de formaleta: Formaleta inspirada en el sistema tradicional de encofrado con esquina independiente.
Utilización: Parece haber sido utilizada en obra.
Referencia documental: "Jordhusbygge" C.O. Lindberg y K.G. Molin (Suecia).
B
1950
a
c
b
d
Tabla para separación
Espacio
para vano
Varilla roscada en el extremo
d
c
b
a
Riostras
Cuña
Encofrado de ángulo
b
a

FIGURA 79



Tipo de formaleta: Formaleta con riostras y travesaños en varilla de hierro.
Utilización: Ha sido utilizada en el proyecto O.S.I.R.
construcción de dos quintas en Amesbury, Weltshire (Gran Bretaña).
Referencia documental: "Building in cob, pesé and stabilized earth".
C. Willams-Ellis y J E Eastwick - Fidd.
C
1927
69
30,5
30,5
69
69
69
37
Barra de madera (encima)
Platina de acero y tensor
Barra de separación
7,6 x 5
Paral vertical
15 x 3.8
PLANTA DEL ANGULO
Placa de refuerzo en acero
7.6 x 3.8
Cable de tensión
Tapia pisada
50,8
58,4
43 cm
Corte
Pieza de refuerzo en acero
7,6 x 3,8
Paral
10 x 3,8
43 cm
50,8
Pieza en cuarto de círculo

FIGURA 80

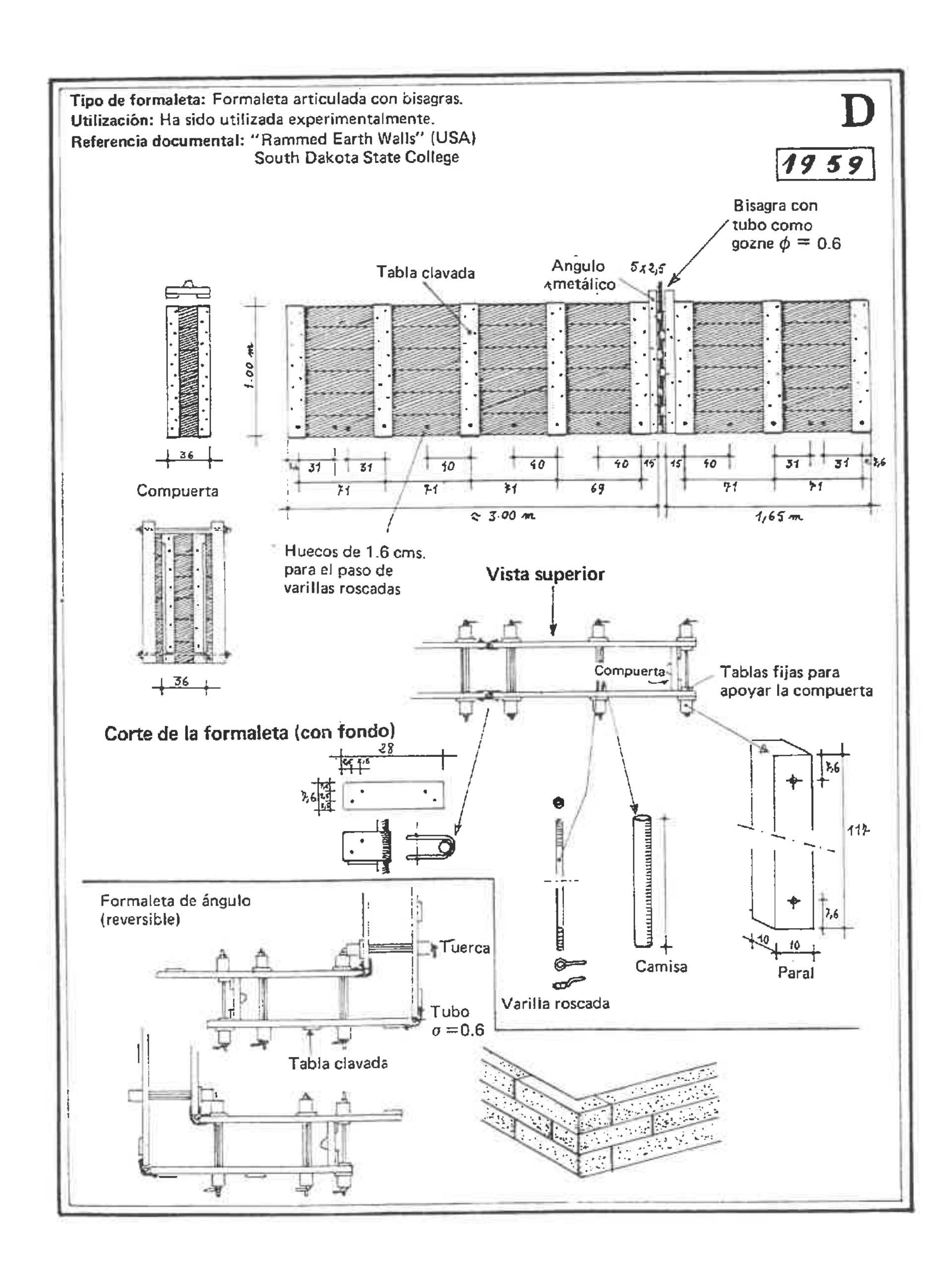
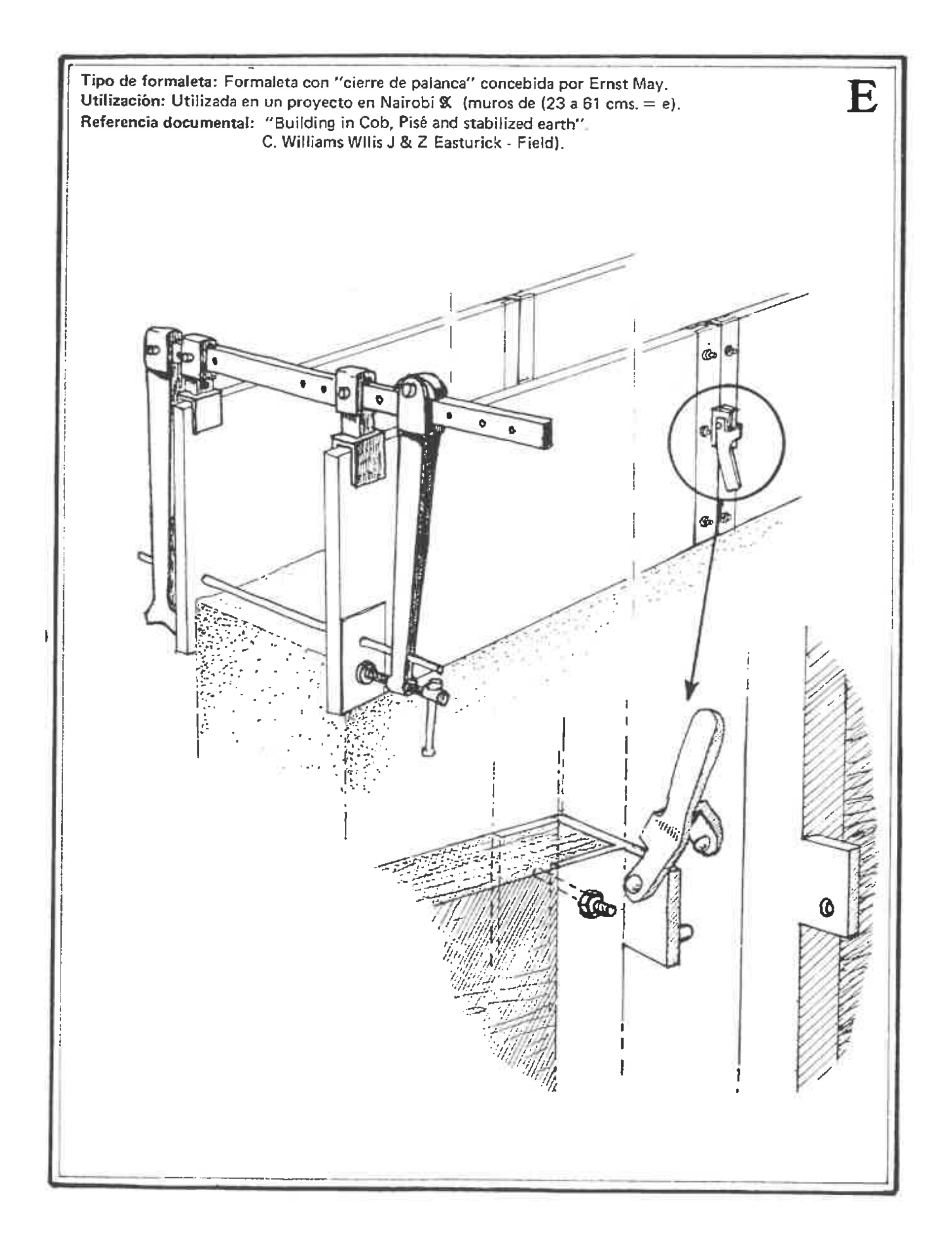

Tipo de formaleta: Formaleta articulada con bisagras.
Utilización: Ha sido utilizada experimentalmente.
Referencia documental: "Rammed Earth Walls" (USA)
South Dakota State College
D
1959
Bisagra con tubo como gozne ϕ = 0.6
Tabla clavada
Angulo metálico
5x2,5
1.00 m
36
Compuerta
31
40
45
71
69
≈ 3.00 m
1,65 m
Huecos de 1.6 cms. para el paso de varillas roscadas
Vista superior
36
Compuerta
Tablas fijas para apoyar la compuerta
Corte de la formaleta (con fondo)
28
7,6
112
Camisa
Paral
Varilla roscada
Formaleta de ángulo (reversible)
Tuerca
Tubo σ =0.6
Tabla clavada

FIGURA 81



Tipo de formaleta: Formaleta con "cierre de palanca" concebida por Ernst May.
Utilización: Utilizada en un proyecto en Nairobi ℅ (muros de (23 a 61 cms. = e).
Referencia documental: "Building in Cob, Pisé and stabilized earth".
C. Williams Wllis J & Z Easturick - Field).

FIGURA 82

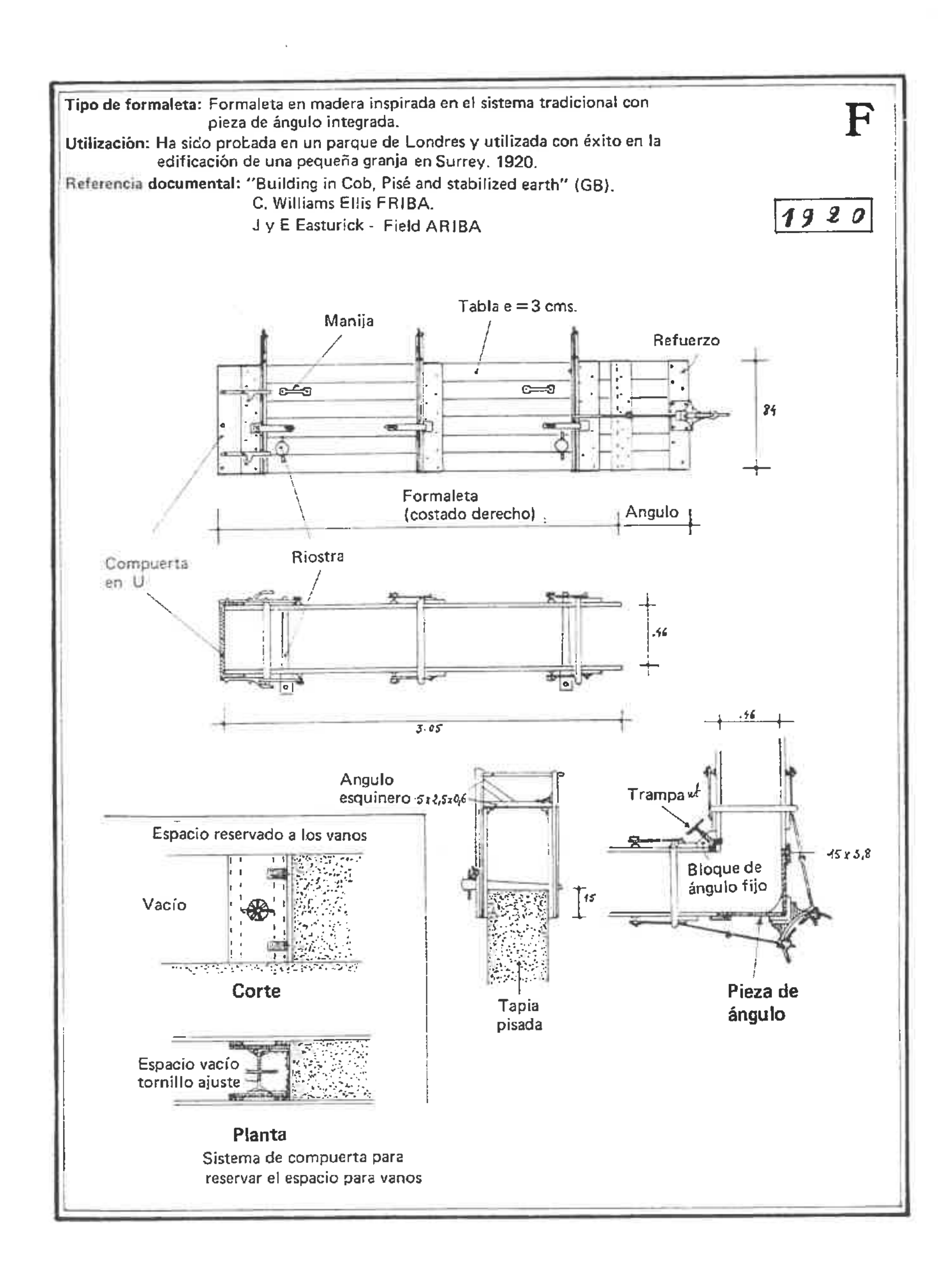

Tipo de formaleta: Formaleta en madera inspirada en el sistema tradicional con pieza de ángulo integrada.
Utilización: Ha sido probada en un parque de Londres y utilizada con éxito en la edificación de una pequeña granja en Surrey. 1920.
Referencia documental: "Building in Cob, Pisé and stabilized earth" (GB).
C. Williams Ellis FRIBA.
J y E Easturick - Field ARIBA
F
1920
Manija
Tabla e = 3 cms.
Refuerzo
84
Formaleta
(costado derecho)
Angulo
Compuerta
en U
Riostra
.46
3.05
Angulo
esquinero
Espacio reservado a los vanos
Vacío
Corte
Espacio vacío
tornillo ajuste
Planta
Sistema de compuerta para
reservar el espacio para vanos
15
Tapia
pisada
.46
Trampa
Bloque de
ángulo fijo
Pieza de
ángulo

FIGURA 83

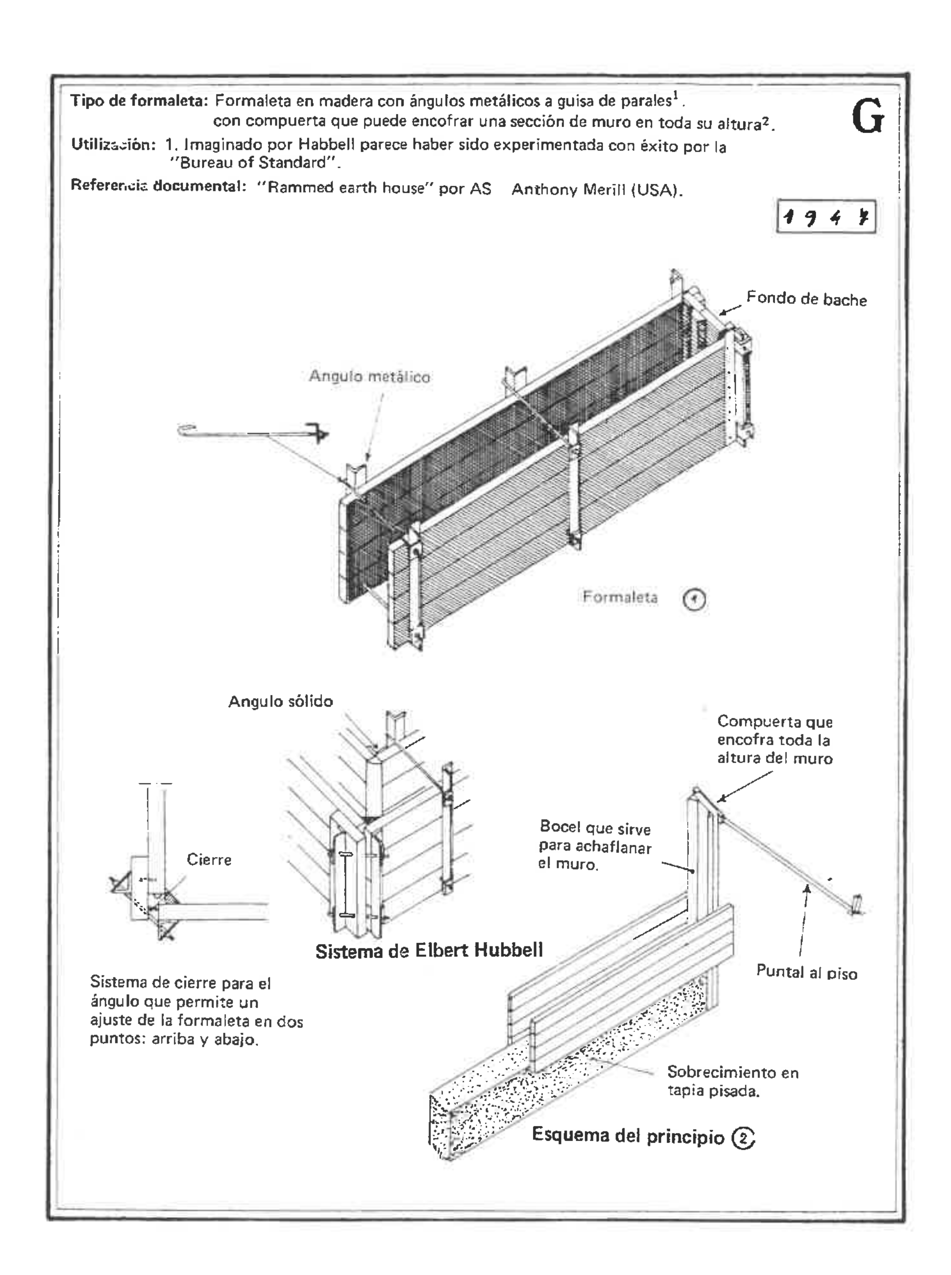
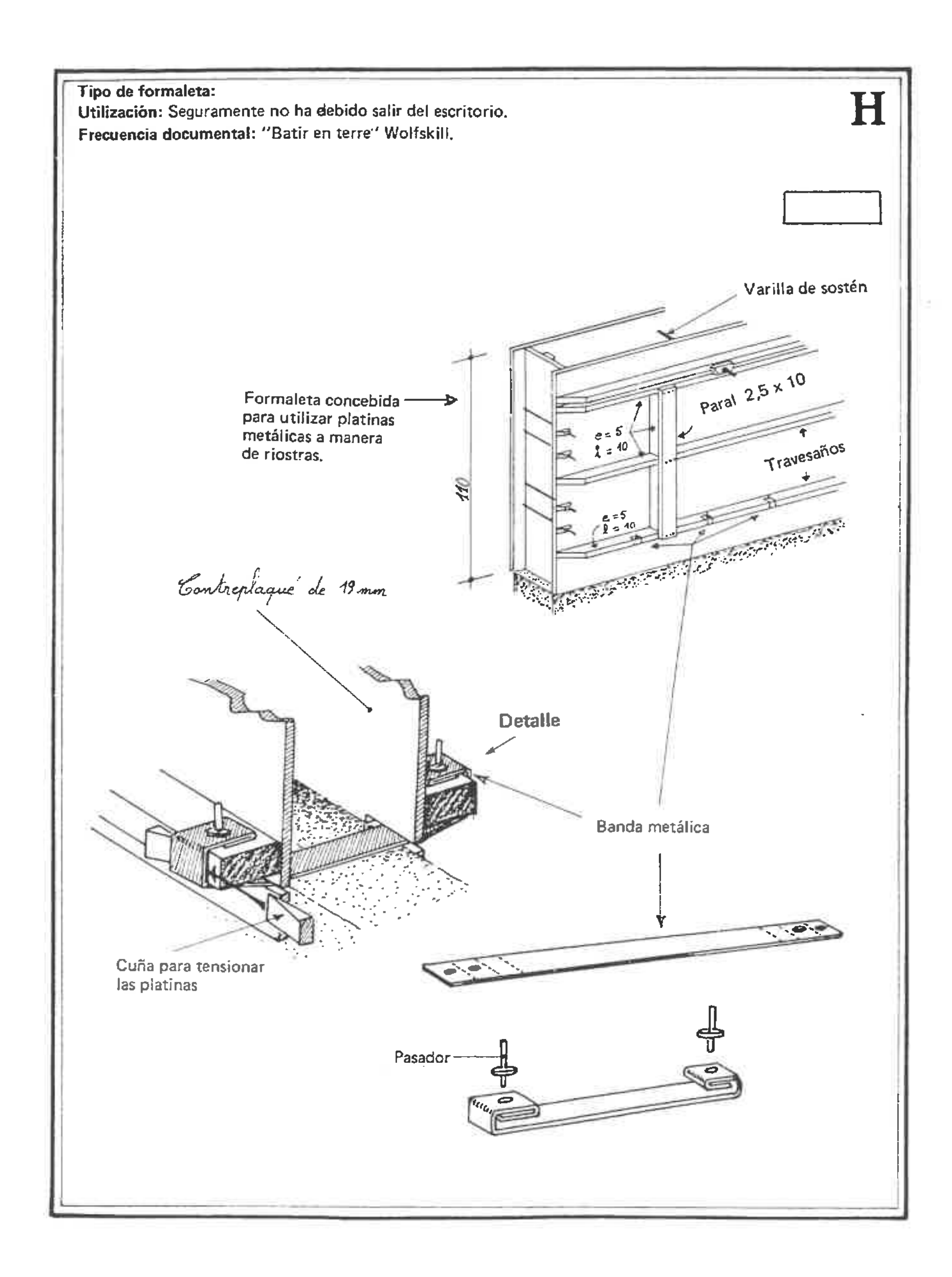

Tipo de formaleta: Formaleta en madera con ángulos metálicos a guisa de parales[1].
con compuerta que puede encofrar una sección de muro en toda su altura[2].
G
Utilización: 1. Imaginado por Habbell parece haber sido experimentada con éxito por la "Bureau of Standard".
Referencia documental: "Rammed earth house" por AS Anthony Merill (USA).
1947
Fondo de bache
Angulo metálico
Formaleta ①
Angulo sólido
Cierre
Sistema de Elbert Hubbell
Sistema de cierre para el ángulo que permite un ajuste de la formaleta en dos puntos: arriba y abajo.
Compuerta que encofra toda la altura del muro
Bocel que sirve para achaflanar el muro.
Puntal al piso
Sobrecimiento en tapia pisada.
Esquema del principio ②

FIGURA 84



Tipo de formaleta:
Utilización: Seguramente no ha debido salir del escritorio.
Frecuencia documental: "Batir en terre" Wolfskill.
H
Varilla de sostén
Formaleta concebida para utilizar platinas metálicas a manera de riostras.
Paral 2,5 x 10
e = 5
l = 10
Travesaños
110
e = 5
l = 10
Contreplaqué de 19 mm
Detalle
Banda metálica
Cuña para tensionar las platinas
Pasador

FIGURA 85

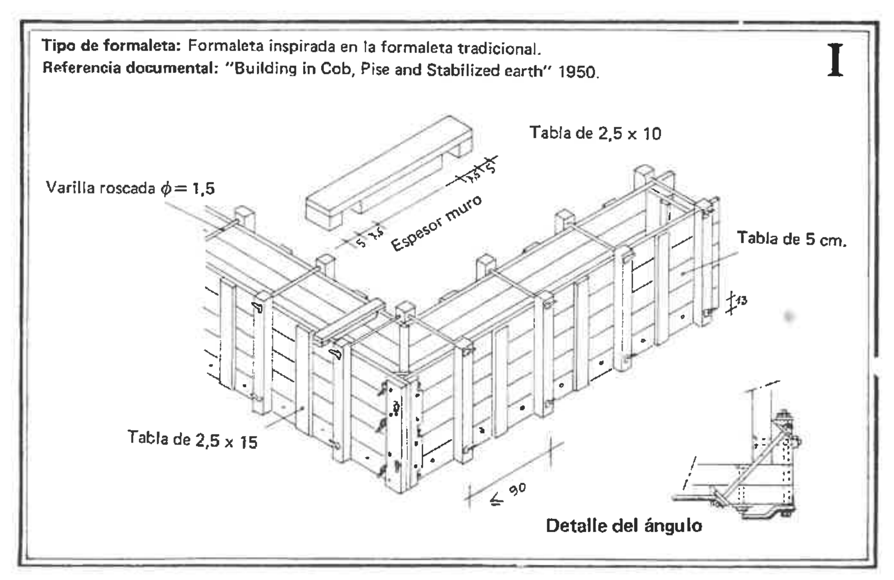


FIGURA 86:

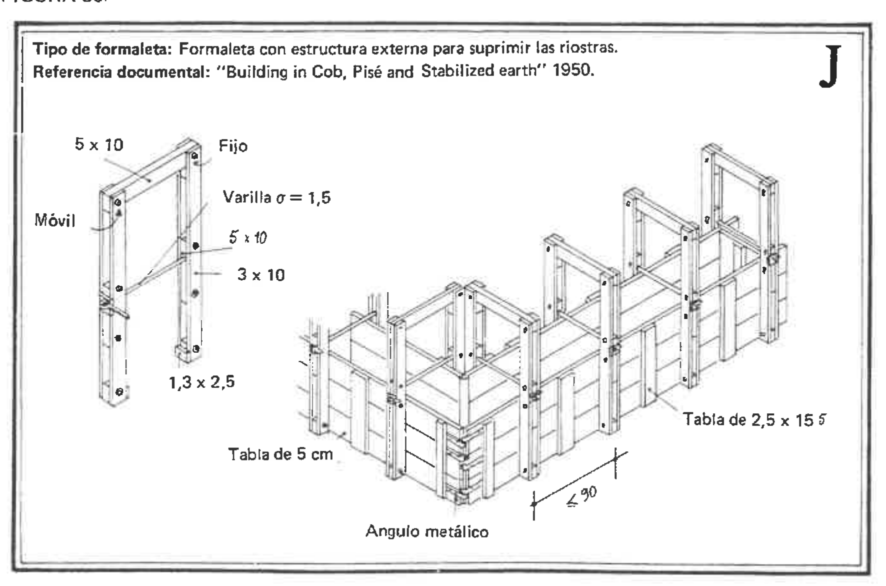


FIGURA 87

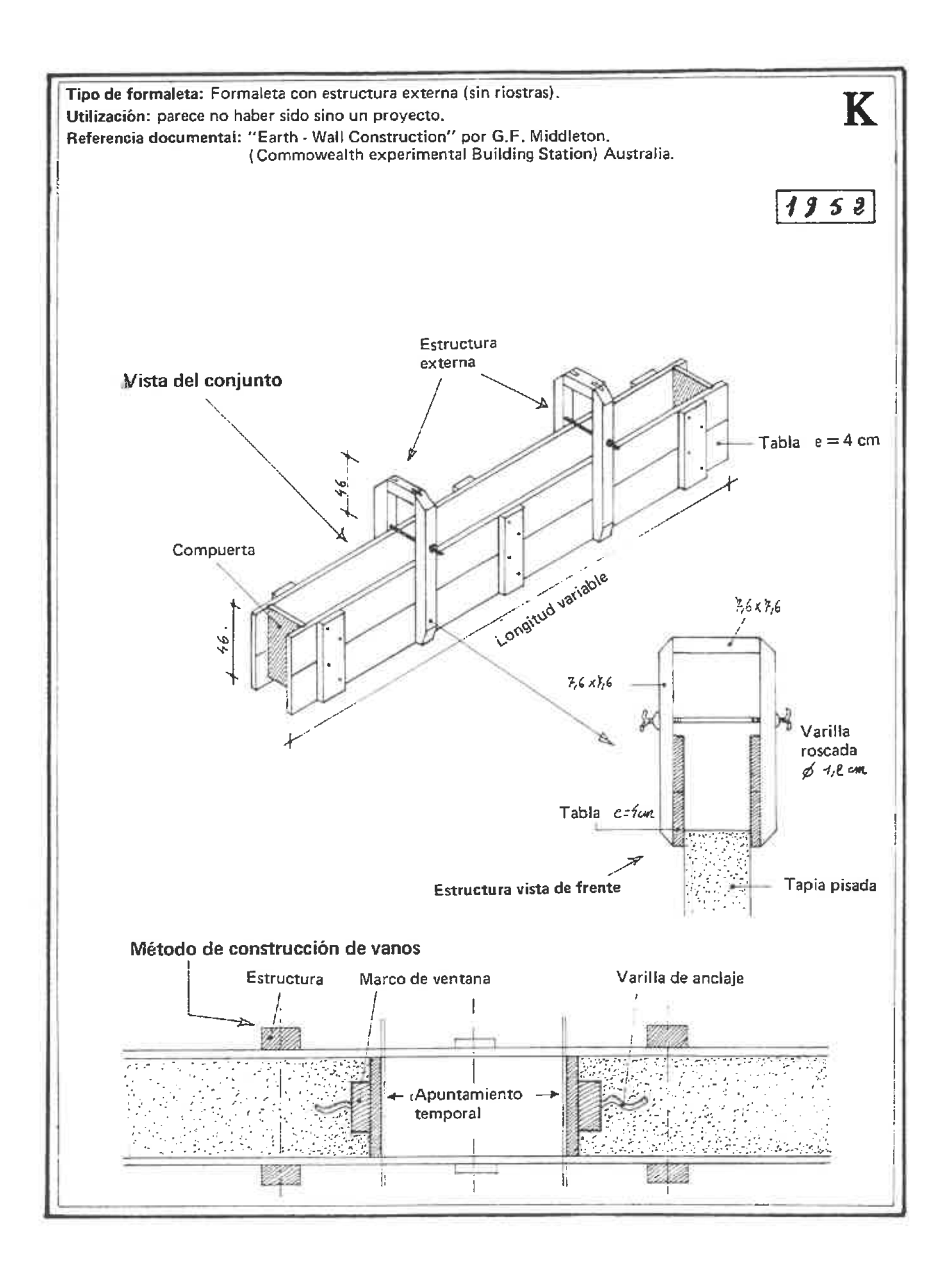
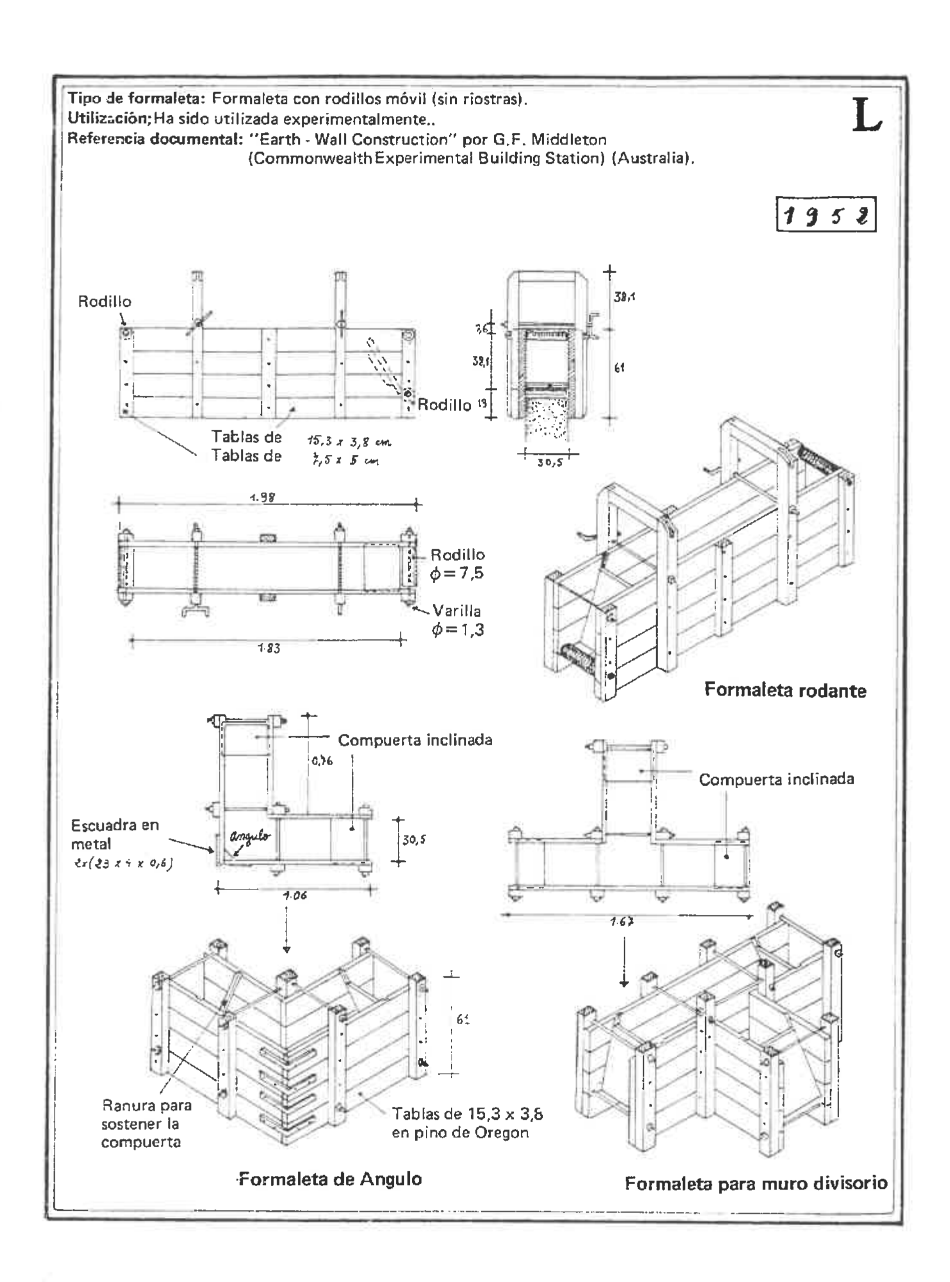

Tipo de formaleta: Formaleta con estructura externa (sin riostras).
Utilización: parece no haber sido sino un proyecto.
Referencia documental: "Earth - Wall Construction" por G.F. Middleton.
(Commowealth experimental Building Station) Australia.
K
1952
Vista del conjunto
Estructura externa
Tabla e = 4 cm
Compuerta
46
46
Longitud variable
7,6 x 7,6
7,6 x 7,6
Varilla roscada
ø 1,2 cm
Tabla e=4cm
Estructura vista de frente
Tapia pisada
Método de construcción de vanos
Estructura
Marco de ventana
Varilla de anclaje
Apuntamiento temporal

FIGURA 88:



Tipo de formaleta: Formaleta con rodillos móvil (sin riostras).
Utilización; Ha sido utilizada experimentalmente..
Referencia documental: "Earth - Wall Construction" por G.F. Middleton
(Commonwealth Experimental Building Station) (Australia).
L
1952
Rodillo
Rodillo
Tablas de 15,3 x 3,8 cm.
Tablas de 7,5 x 5 cm
38,1
61
38,1
13
30,5
1.98
Rodillo
ϕ=7,5
Varilla
ϕ=1,3
1.83
Formaleta rodante
Compuerta inclinada
0,76
Escuadra en metal
2x(23 x 4 x 0,6)
Angulo
30,5
1.06
Compuerta inclinada
1.67
61
Ranura para sostener la compuerta
Tablas de 15,3 x 3,8 en pino de Oregon
Formaleta de Angulo
Formaleta para muro divisorio

FIGURA 89

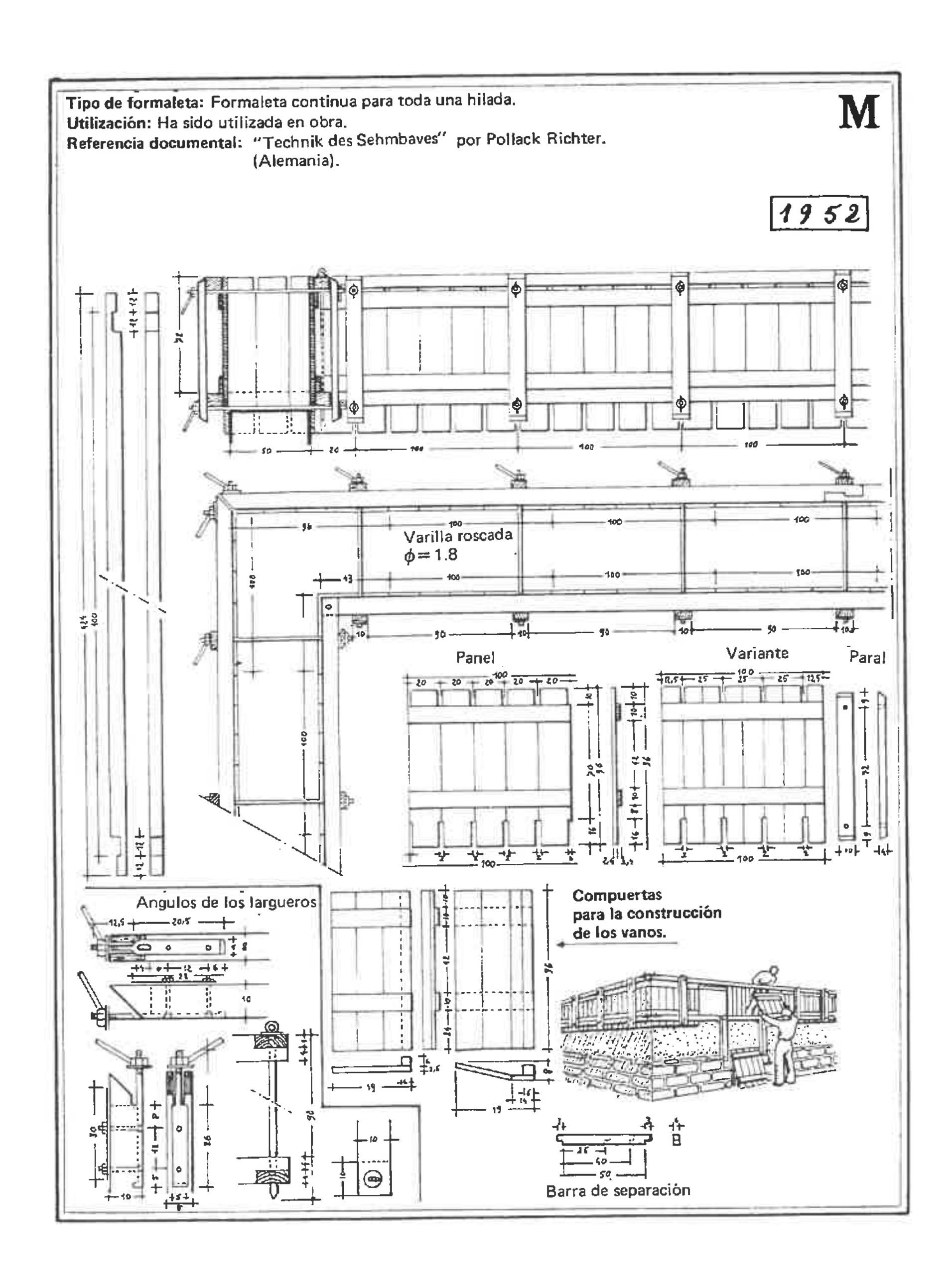

Tipo de formaleta: Formaleta continua para toda una hilada.
Utilización: Ha sido utilizada en obra.
Referencia documental: "Technik des Sehmbaves" por Pollack Richter. (Alemania).
M
1952
Varilla roscada
ϕ = 1.8
Panel
Variante
Paral
Angulos de los largueros
Compuertas para la construcción de los vanos.
Barra de separación

FIGURA 91

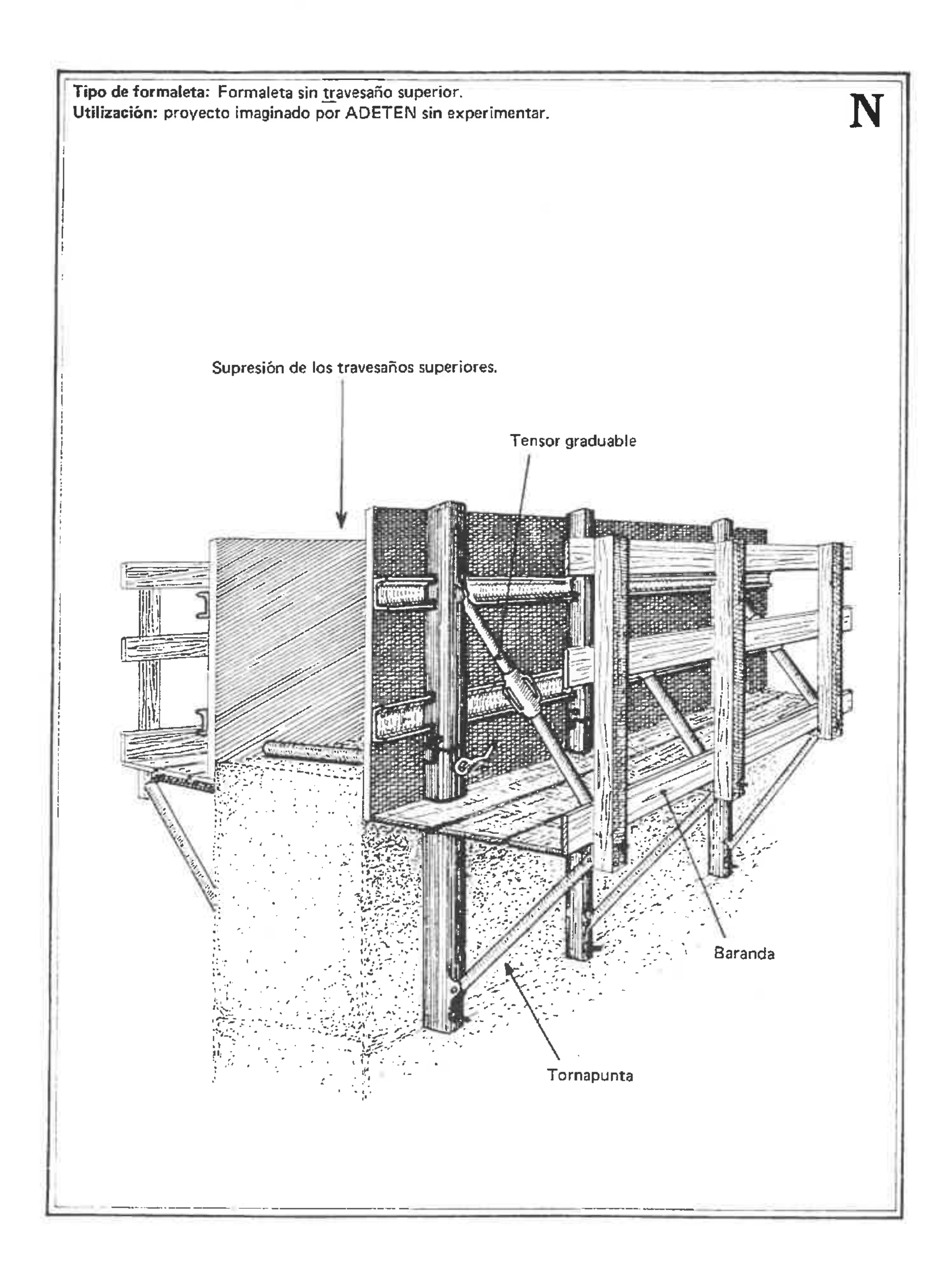

Tipo de formaleta: Formaleta sin travesaño superior.
Utilización: proyecto imaginado por ADETEN sin experimentar.
N
Supresión de los travesaños superiores.
Tensor graduable
Baranda
Tornapunta

FIGURA 92

que se dejan al interior del muro. Este procedimiento parece difícil de aplicar en la obra. La utilización de un tubo *(fig. 81D)* permite no estropear las varillas roscadas que sirven de riostras.

6.- El andamio. Las riostras pueden servir también como elementos del andamio *(fig. 92N)* jugando aquí un papel rigidizante por triangulación exterior. Igualmente los huecos de los muros pueden ser utilizados provisionalmente para apoyar los travesaños del mismo.

7.- Los travesaños superiores. Estos molestan al apisonador, quien con trabas por todas partes circula difícilmente dentro del encofrado. La manipulación de un pisón neumático es muy incómoda sobretodo al comienzo de la bancada. La incorporación de elementos prefabricados, como los marcos de las ventanas o de las puertas, se vuelve también difícil por la existencia de estos travesaños. La formaleta *(fig. 82E)* presenta un sistema de travesaño en forma de "prensa de leva" que se puede asegurar en cualquier sitio que se desee, pero implica su fabricación especial. La formaleta que imaginamos *(fig. 92N)* ha sido concebida esencialmente con el propósito de suprimir los travesaños superiores, dejando que la estructura exterior reciba todos los esfuerzos. Falta determinar sus medidas y experimentarla.

8.- Los ángulos. Tradicionalmente se cruzaban las bancadas en los ángulos y no había formaleta especial para ángulo *(fig. 93A)*.

Este sistema no es válido, ya que un encofrado de ángulo como aquel de la *(fig. 78A)* crea entre los dos muros un "sablazo" por superposición de las juntas verticales *(fig. 93B)*

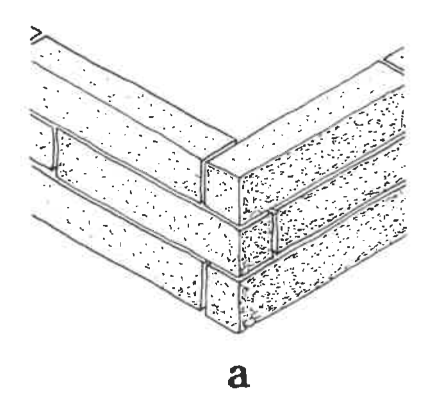


FIGURA 93A

Una solución *(fig. 93C)* consiste en inclinar las juntas; este es un principio que se utiliza en las formaletas de pared y de ángulo *(fig. 89L)*. Este método no parece mejor que el precedente...

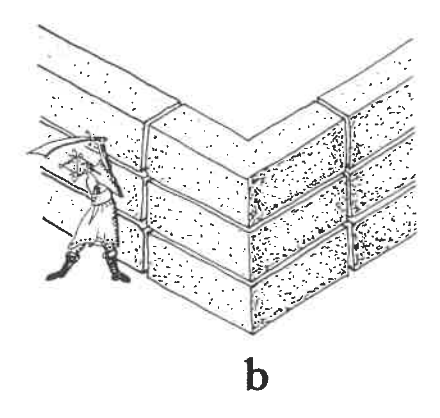


FIGURA 93B

La formaleta asimétrica reversible *(fig. 81D)* constituye una buena solución *(fig. 93D)*.

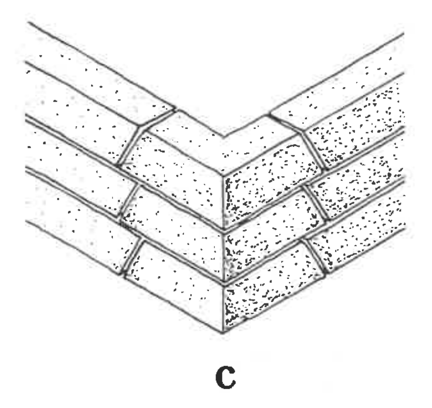


FIGURA 93C

Un sistema sueco *(fig. 79B)* emplea un solo elemento de ángulo exterior que une dos bancadas. Esta pieza es especialmente útil cuando se encofra de una vez toda la hilada. El ajuste y el aplome de estas dos formaletas ortogonales no es fácil. Para hacerlo se han previsto dos sistemas especiales de gradación *(figs. 83F y*

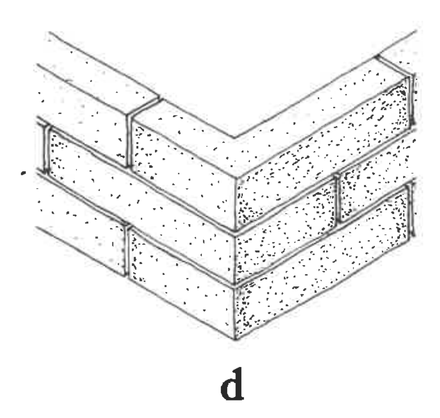


FIGURA 93D

84G). Se puede poner en el interior del ángulo una pieza de madera triangular en ángulo de 90°. La hipotenusa de esta pieza puede ser reemplazada por una curva de 5 cms. de radio, la cual forma un ángulo exacto y resistente a la deformación. Se puede hacer lo mismo con los marcos de los vanos. Siendo aún difícil de resolver el problema de los ángulos, algunos proponen una concepción arquitectónica en la cual la construcción se forma por secciones de muros, amarrados entre sí solamente por los cimientos y la viga de amarre; sirviendo esta además como dintel de los vanos *(fig. 94)*.

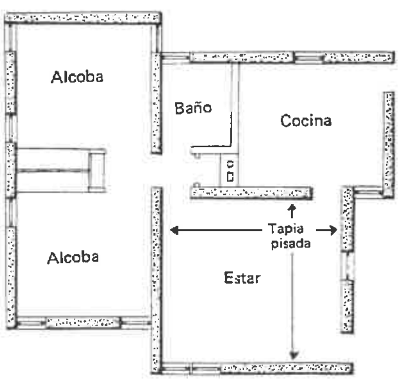


FIGURA 94: EJEMPLO DE CONSTRUCCION ARQUITECTONICA ELIMINANDO LOS ANGULOS EN TAPIA PISADA (HIBBEN)

Para evitar el tener que fijar continuamente las compuertas de la formaleta, se ha propuesto construir unos elementos de muro *(fig. 84 62)*. Se utiliza una tabla apuntalada que encofra el espesor del muro en toda su altura. Este apuntalamiento debe ser muy resistente.

9.- Modulación. Habitualmente las formaletas solo tienen un largo. La formaleta de la *(fig. 81D)*, permite la utilización de un panel grande y de uno pequeño, continuos o separados. En la práctica, es frecuente tener que variar esta longitud (aberturas o muro no previstos). En este caso se emplean una o dos compuertas. Estas deben poderse fijar fácil y sólidamente. El clavado de tablas de tope sobre los paneles no es una buena solución. Los deteriora y representa una pérdida de tiempo nada despreciable. Este fue un problema constante en nuestra obra. La *(fig. 83F)* sugiere un sistema de compuerta que se sostiene por simple presión sobre los paneles de las formaletas, pero este se puede correr fácilmente a causa del fuerte empuje que puede soportar.

10.- La inclusión de elementos prefabricados. Las riostras y los travesaños superiores obstaculizan la inclusión de marcos de vanos, nichos, alacenas, etcétera. El sistema de travesaños móviles de la formaleta *(fig. 82E)* responde a este problema. Estos elementos prefabricados deberán ser sólidos y bien apuntalados en el interior. Nosotros ensayamos la utilización de una armazón en ferro-cemento la cual resultó larga de fabricar y difícil de manipular). Sin duda se debió a un apuntalamiento defectuoso su mala resistencia al empuje de la tierra; que dió como resultado una notable deformación del armazón. Empleamos también encofrados de bóvedas. Para recuperarlas fácilmente, se colocaron sobre arena o sobre cuñas; fue necesario tener en cuenta la contracción de la tapia pisada (alrededor del 0.7%).

11.- Separación de las formaletas. Las formaletas deben permitir una buena circulación en su interior. La separación mínima se sitúa entre 35 y 40 cms. De acuerdo a esto el espesor de los muros puede variar. La utilización de varillas roscadas es un medio cómodo de graduar este espesor. Por comodidad y rapidez se recomiendan las tuercas de mariposa o la empuñadura de manivela.

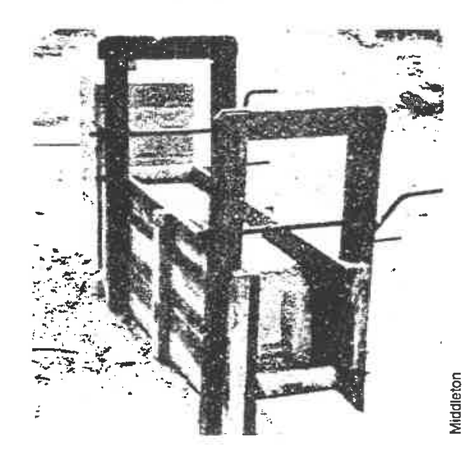
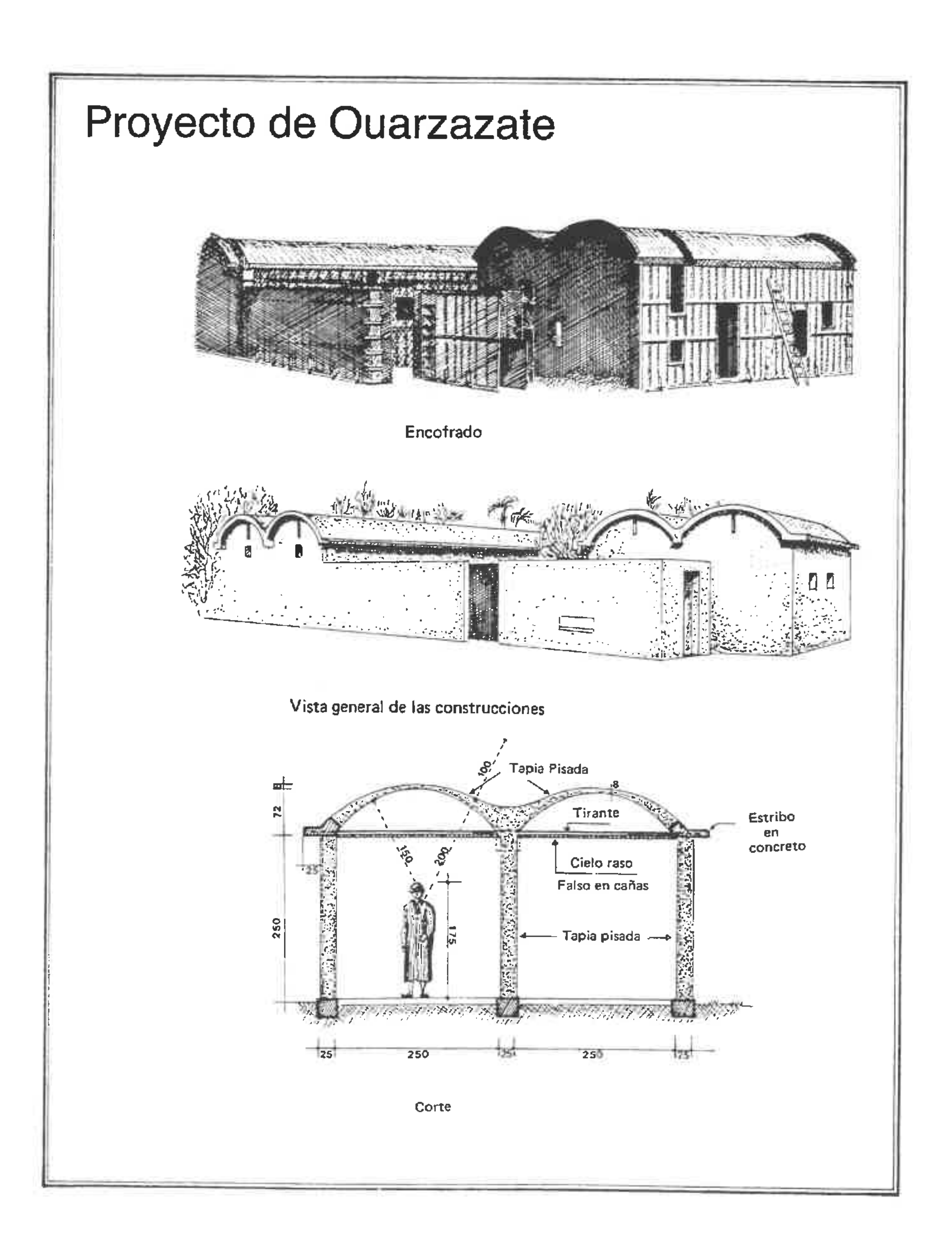

Middleton

FIGURA 90:
FORMALETA RODANTE AUSTRALIANA

12.- Paramento. Según que se desee un muro liso o rugoso (para facilitar la fijación del pañete) se utilizan paneles más o menos pulidos.

13.- Mantenimiento. Para protegerla del enmohecimiento y facilitar el desencofrado, se engrasa el interior de la formaleta. El aceite quemado es adecuado: se extiende una capa delgada. Las formaletas se deben guardar en posición horizontal, al abrigo de la lluvia.

Proyecto de Ouarzazate



Encofrado

Vista general de las construcciones

Corte

FIGURA 95

14.- Formaleta especial. La *fig. 91M* muestra un encofrado concebido en la República Democrática Alemana. Consiste en colocar primero los elementos de refuerzo (largueros y parales) y en acomodar enseguida los pequeños paneles de la formaleta. Este sistema solo es válido cuando se tiende la formaleta de toda una hilada a la vez. El andamio es sin duda muy grande y muy largo de montar. Estos son verdaderos pisos sobre caballetes: a ellos se sube la tierra por carretilladas.

15. Encofrado completo. Experimento del C.E.R.F. en 1967 en Ouarzazate, Marruecos *(fig. 95).*

El objetivo era la construcción, en hormigón de tierra estabilizada, de un hábitat rural de bajo costo. La casa fue encofrada totalmente. El encofrado se componía de elementos fáciles de maniobrar y ensamblados pieza a pieza. Este servía para producir tanto los muros como las cubiertas (bóvedas rebajadas). La principal particularidad consistía en el escaso espesor de los muros (25 cms.). Las bóvedas que no tenían sino 10 cms. de espesor en el centro también eran hechas de tapia pisada, con un 4% de cemento. El apisonado fue hecho con la ayuda de un apisonador neumático "maceta podgorni". El encofrado de la bóveda doble fue montado sobre gatos y enseguida desmontado por partes para luego ser sacado por entre las aberturas. Los dos encografos de las dos casas construídas la víspera fueron "desmontados" a la mañana siguiente. Este encofrado, evidentemente caro, se compone de un gran número de piezas ensambladas por medio de chavetas. Su amortizamiento fue calculado para 3.000 casas. La reducción del espesor del muro no parece un logro considerable, sobre todo en un país donde la inercia térmica de la construcción no se debe olvidar.

Vignieu: Una construcción experimental en tapia pisada en el Isère

En 1976, la asociación ADETEN fue encargada por el Ministerio del Equipamiento para realizar un estudio de factibilidad sobre la utilización de la tapia pisada. Creemos, en efecto, que gracias a las innovaciones y a las mejoras aportadas a la puesta en obra de la tapia pisada, fue posible aumentar el rendimiento de este modo de construcción que posee numerosas ventajas, tanto en aspectos técnicos como en aquellos de *confort* de los habitantes y de la economía de los materiales.

Se decidió hacer un experimento. Durante el verano de 1976, se levantó una pequeña construcción experimental, en el municipio de Vignieu. Pudimos probar en esta construcción la formaleta descrita anteriormente, al igual que diversas máquinas de compactación. No se trataba de hacer una construcción demostrativa desde el punto de vista arquitectónico sino de estudiar los diferentes problemas relativos a la técnica. La tierra fue llevada junto a la construcción después de tamizarla (diámetro=4 cms). Transportada en carretilla, fue utilizada tal cual, o ligeramente humedecida según la época (año de la sequía...). Después se subió en baldes a la formaleta y se compactó con la ayuda de un pisón neumático Ram. 30 (Atlas Copco). No damos aquí los resultados de esta experiencia, las conclusiones aparecen a través de los capítulos de la obra (Granulometría, Ensayo Proctor, Formaleta, Compactación). Agregamos algunas fotos de la obra, así como el cuadro resumen de los tiempos de producción *(fig. 107)*.


ADETEN

FIGURA 98:
OBRA DE CONSTRUCCION EN VIGNIEU

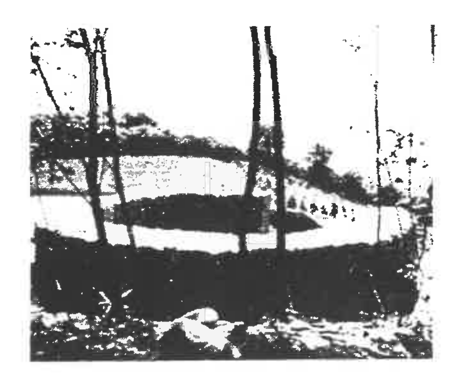


FIGURA 96
EXPERIENCIA DEL GRUPO "PALAFITTE"
DE LA PAG EN 1975, EN PIN (ISERE)
CONSTRUCCION CIRCULAR EN
TAPIA PISADA

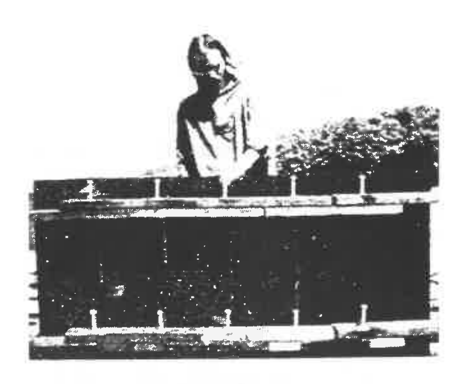
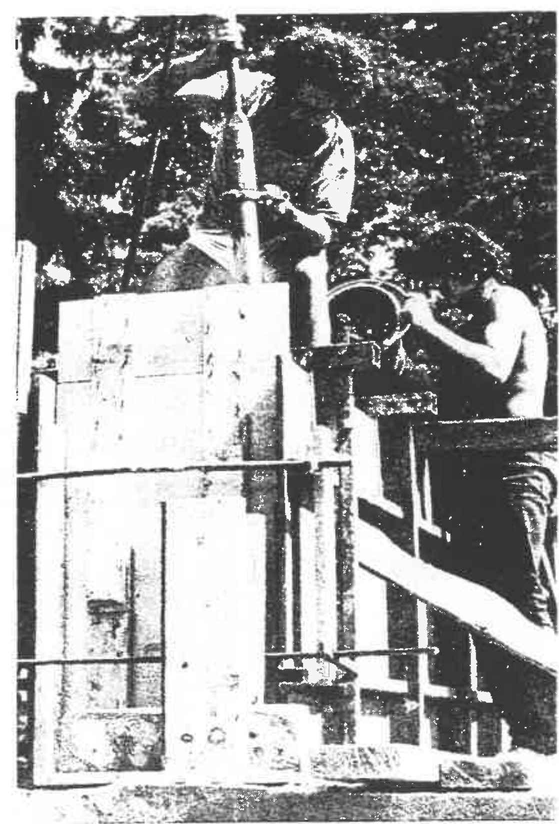
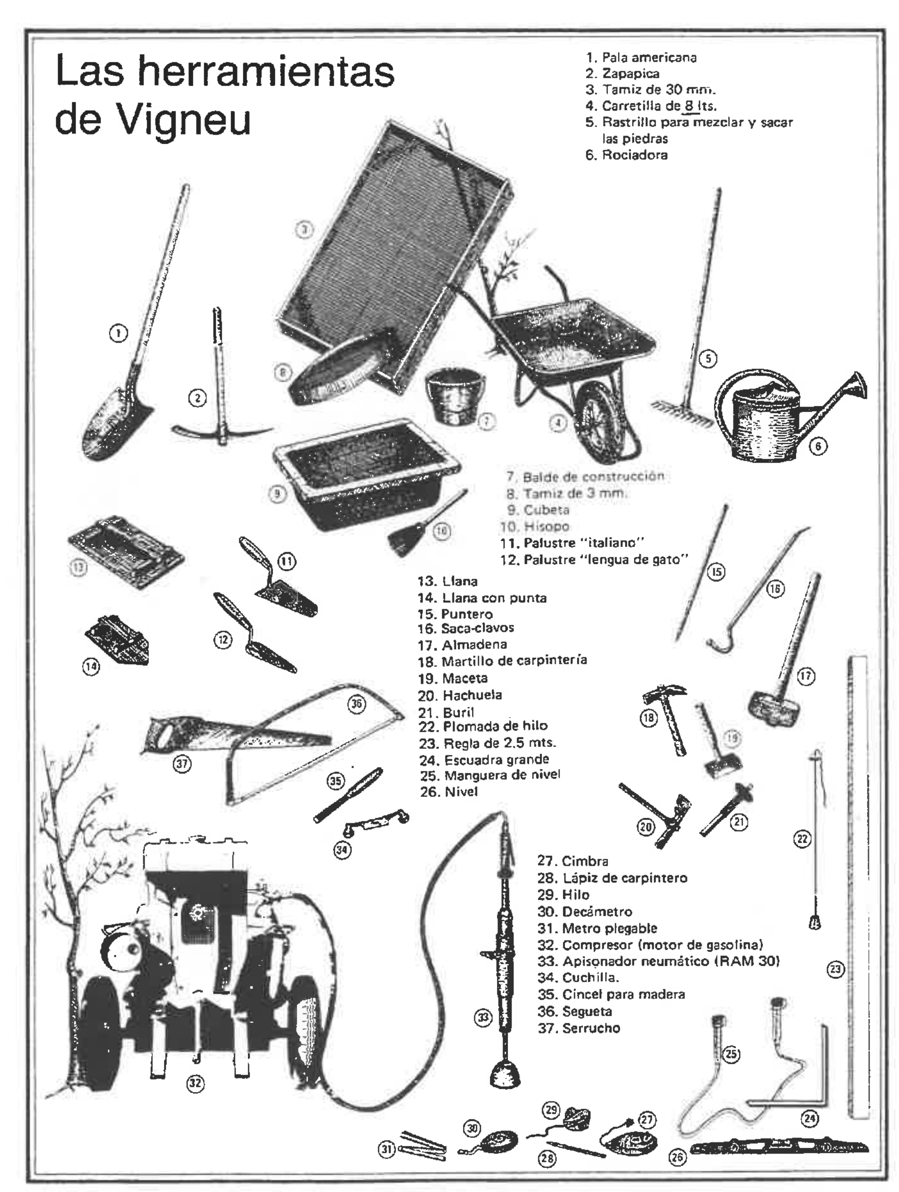


FIGURA 97:
FORMALETA ARTICULADA PARA HACER
MUROS CURVOS Y COLUMNAS POSICION
RECTA. LE PIN, 1975.



ADETEN

FIGURA 99:
LLENADO DE LA FORMALETA Y
COMPACTACION



ADETEN

FIGURA 100

La obra de Vignieu

ADETEN

EXTRACCION



ADETEN

TAMIZADO

ALMACENAMIENTO



ADETEN



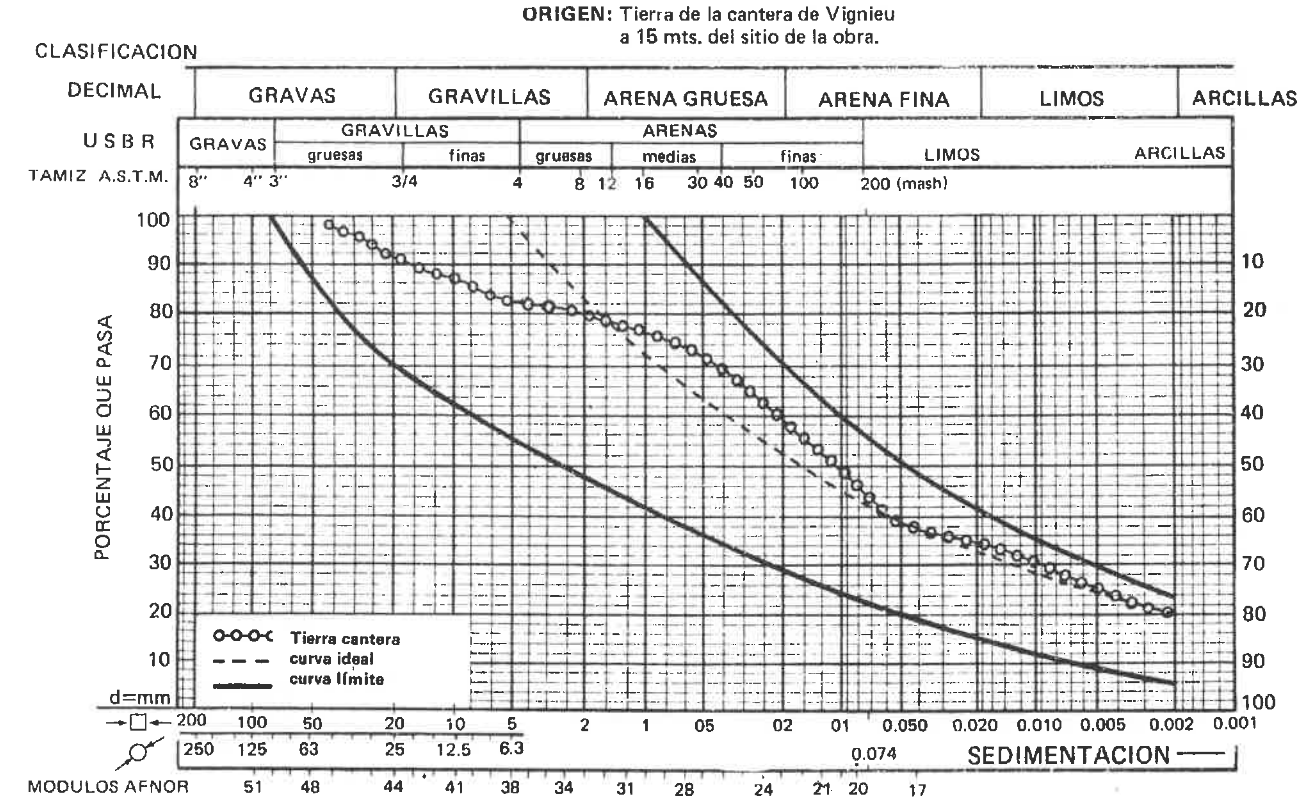
ADETEN

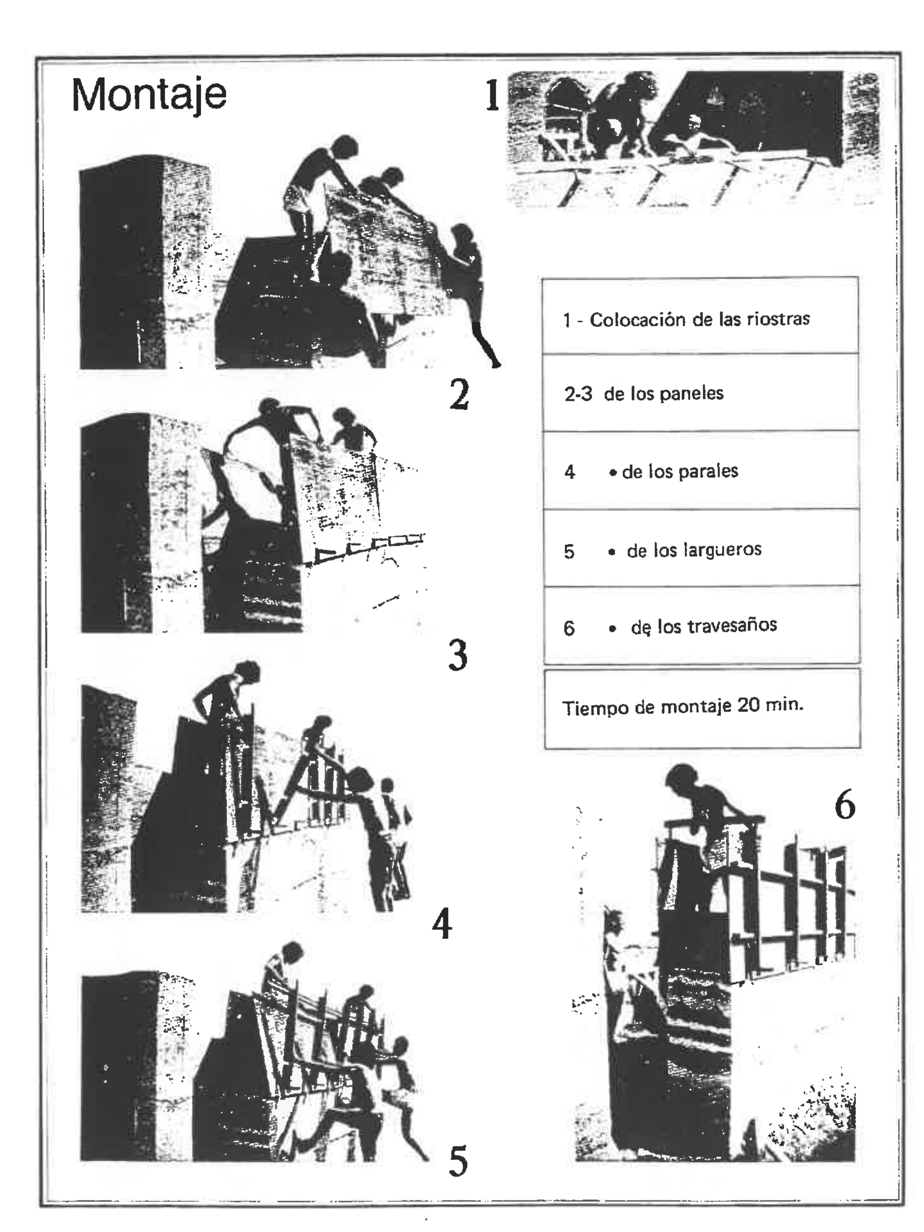
TRANSPORTE

FIGURA 101

ANALISIS GRANULOMETRICO

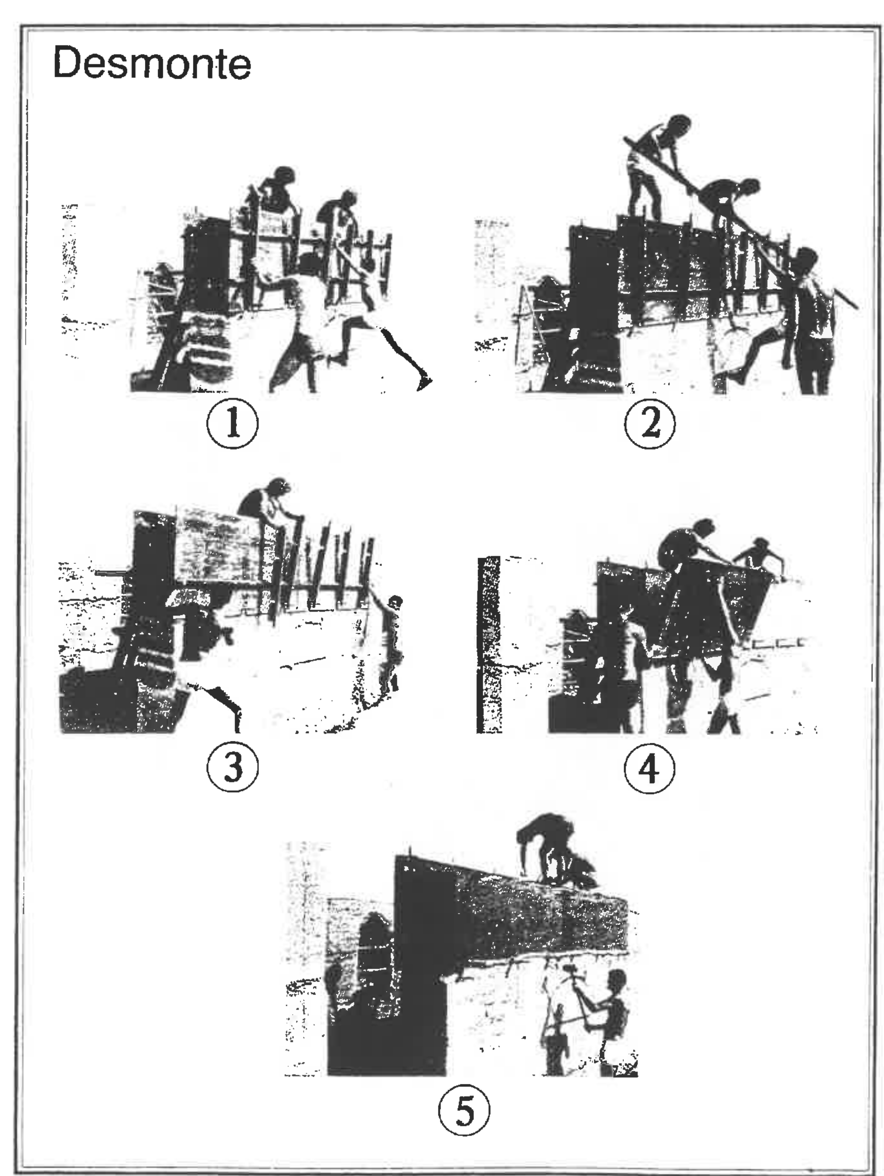
ORIGEN: Tierra de la cantera de Vignieu
a 15 mts. del sitio de la obra.





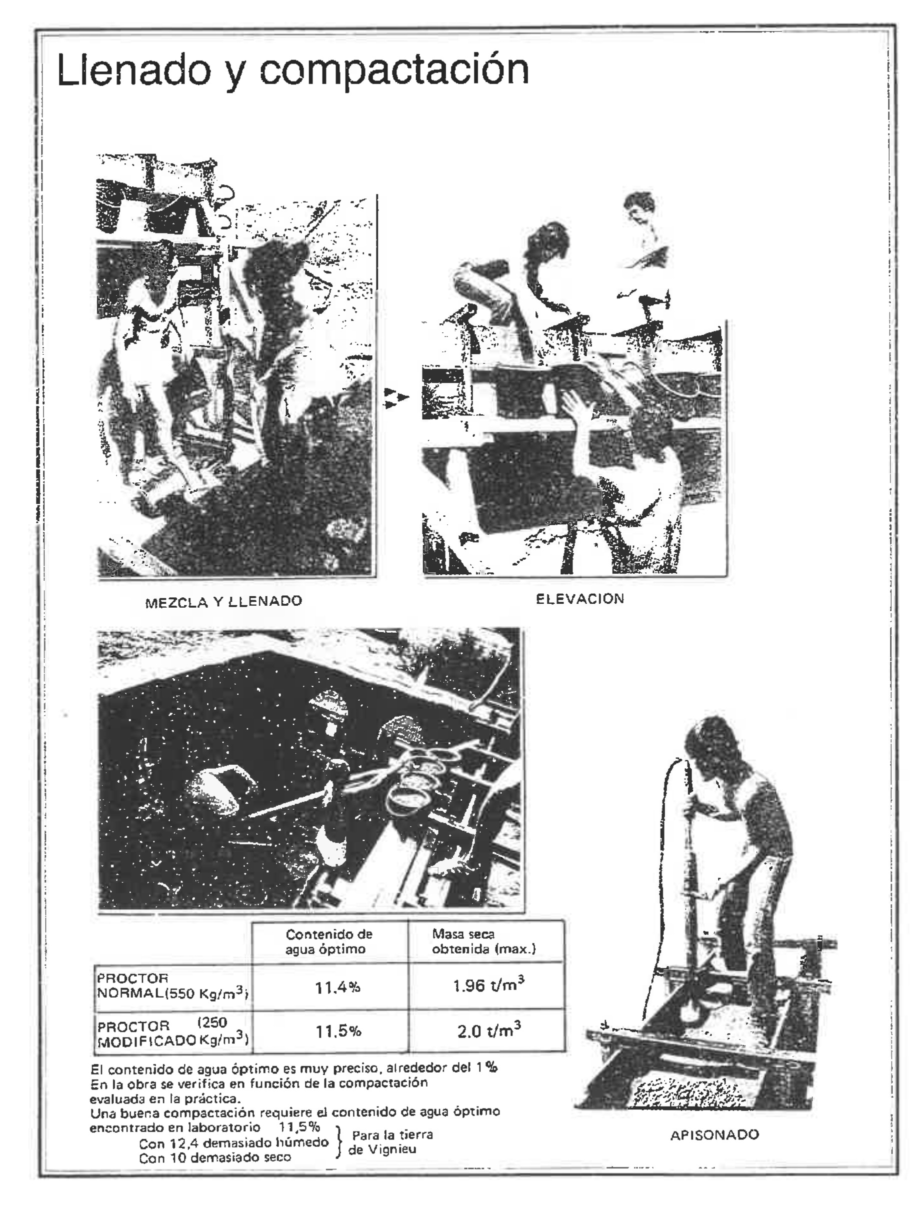
ADETEN

FIGURA 103



ADETEN

FIGURA 104



Llenado y compactación

	Contenido de agua óptimo	Masa seca obtenida (max.)
PROCTOR NORMAL(550 Kg/m^3)	11.4%	1.96 t/m^3
PROCTOR MODIFICADO (250 Kg/m^3)	11.5%	2.0 t/m^3

El contenido de agua óptimo es muy preciso, alrededor del 1 %
En la obra se verifica en función de la compactación evaluada en la práctica.
Una buena compactación requiere el contenido de agua óptimo encontrado en laboratorio 11,5%
Con 12,4 demasiado húmedo
Con 10 demasiado seco
} Para la tierra de Vignieu

ADETEN

FIGURA 105

AMARRE

Tapia pisada

Hormigón

Encofrado del dintel

ADETEN

FIGURA 106

OBRA (Apisonamiento mecanizado)

COSTO PARA UNA BANCADA DE 0.80 X 3.80 X 0.60 = 1.82 m³	0.80 X 3.80 = 3.04 m²

			Obrero 1	Obrero 2	Obrero 3	Obrero 4	Obrero 5	Material utilizado	
	Extracción de la tierra vegetal.						30 mn		
TRABAJO EN LA	Extracción de la tierra.	3h			1h		2h		
	Tamizado	1h 30				1h	30mn		
	Cargue de la carretilla	1h 25				1h	25mn		
	Transporte en carretilla	1h10			1 h 10 mn				
MONTAJE DE LAS FORMALETAS	Preparación del muro		30 mn	30 mn					
	Colocación de los andamios		45 mn	45 mn					
	Montaje de la formaleta		20 mn	20 mn	20 mn	20 mn	20 mn		
	plomada		1h	1h					
Preparación y aplicación del montero en las juntas						15mn	15mn		
Colocación de los encofrados para los VANOS							1h		
ELEVACION DE LA TIERRA	Llenado de baldes					2h 30mn			
	Elevación				2h 30mn				
	Repartición en la formaleta			2h 30 mn					
COMPACTACION			2h 30 mn					Compresor Apisonador neumático	2h 30mn
Desmonte de la FORMALETA			20mn	20mn	20mn	20 mn	20 mn		
TOTAL H/obrero			5h 25mn	5h 25 mn	5h 20mn	5h 25 mn	5h 20 mn		

Tarifa hora: 17.16 F/H	Costo de materiales: 134.45 F/M³

Según nuestra experiencia en VIGNIEU 1976

COSTO 263.60 F/M³

ADETEN

FIGURA 107



Un ejemplo reciente de construcción en hormigón de tierra estabilizada (HTE) 30 casas en tapia pisada

El pueblo agrícola de Mostefa Ben-Brahim

En 1970, el gobierno argelino lanzó un programa para la construcción de 1.000 pueblos agrícolas que representa alrededor de 200.000 viviendas de carácter social, destinadas, a la población agrícola. Los "Chantiers Populaires de la Revolution Agraire", empresa nacional del Ministerio de Agricultura, se encontraba en una situación privilegiada para participar activamente en este programa.

En 1973, se terminó el primer pueblo piloto situado en Mostefá Ben-Brahim, a 30 kms de Sidi Bel Abbes, en el Oeste argelino (responsables del proyecto: P. Pedroti, D. Belmans, H. Houben). El pueblo entregado a los agricultores en julio de 1976, estaba compuesto por 192 casas de 85 m^2 de bloques huecos de cemento y 30 casas de 120 m^2 en tapia pisada estabilizada.

CLIMATOLOGIA

Clima seco de altiplano. *Precipitación anual:* 750 mm. Eventualmente una semana de nieve por año (5 a 20 cms) y helada posible durante un mes. *Temperatura promedio:* de 3:.C a + 36°C. *Dirección principal de vientos y de lluvias:* Nor Oeste.

DESCRIPCION ARQUITECTONICA

Las casas son cerradas hacia el Norte. Esta situación protege perfectamente contra la intemperie y permite al mismo tiempo respetar la tradición Islámica de privacidad. Todas las casas se orientaron hacia el Sureste.

El tipo de casa no hace distingos entre el habitat rural y el habitat urbano, tratándose de una zona semiurbana. Tiene en cuenta ciertas costumbres tradicionales pero impulsando una fórmula más progresista. Ofrece el *confort* necesario respetando los criterios de las familias que van a ocuparlas e instalarse en ellas con un mínimo de equipo: 7 m^3 de estanterías. Las casas se entregaron a los beneficiarios con agua corriente, caliente y fría, electricidad, chimenea en la sala de estar con un sistema de recuperación del calor, que permite asimismo temperar toda la casa a partir de un punto central (estufa con fuego abierto).

En el segundo piso se encuentra una pieza prevista para los padres así como dos alcobas para los niños. Las tres alcobas, aisladas del movimiento cotidiano, permiten a los enfermos estar en calma y a los niños tener su propia vida. Ade-

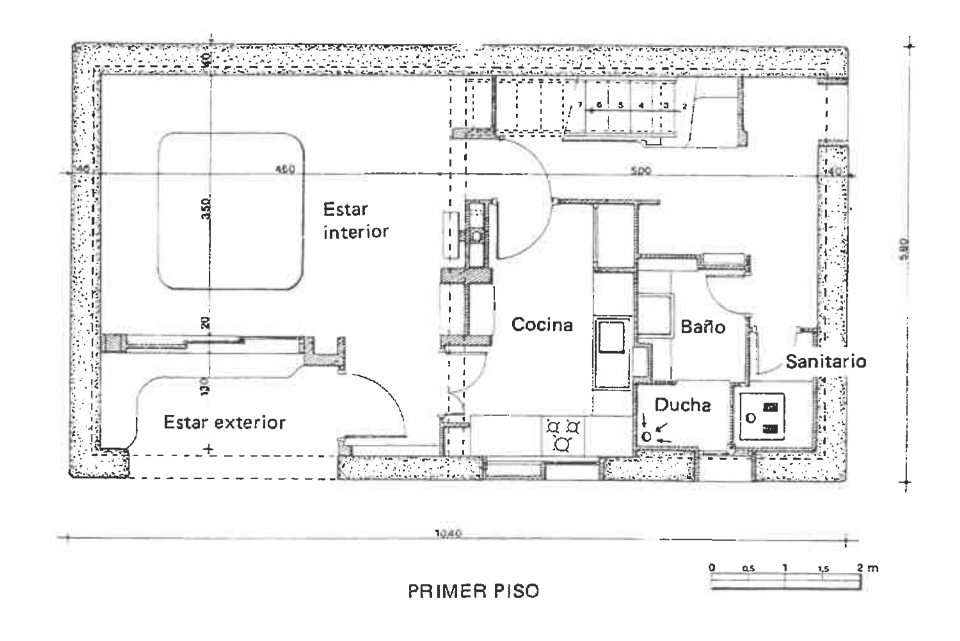


FIGURA 110: PRIMER PISO

más de esta división bien marcada, la casa tiene dos accesos que respetan las tradiciones: una entrada reservada a la familia y otra para los huéspedes. La entrada familiar sobre un *hall* corredor distribuye a toda la casa. El baño comprende un sanitario, una ducha, un lavamanos y estanterías. La cocina tiene en una esquina una alacena y delante de una ventana abierta sobre el estar exterior el lavadero, el mesón de trabajo y un horno accesible a través de la ventana, permitiendo así cocinar desde el exterior. La cocina tiene acceso directo sobre los estares exterior e interior, para facilitar el servicio durante todas las estaciones, dependiendo del lugar escogido para comer. El estar se comunica a través de ventanas corredizas con la terraza. Un desnivel en la mitad del estar, permite acomodar fácilmente 16 personas alrededor de mesas bajas. *Area Vivienda:* alrededor de 120 m^2 - *jardín:* mínimo 60 m^2 - *Area lote: 120 m^2*.

DESCRIPCION TECNICA

OBRA NEGRA

Cimientos: zapata corrida en hormigón armado (H.A.)

Sobrecimientos: Hormigón pobre hidrofugado.

Muros exteriores del primer piso: muros portantes de 40 cms. en tapia pisada estabilizada.

Viga de amarre: Hormigón armado de 10 cms.

Placa de entrepiso: Hormigón armado e=12 cms.

Muros exteriores segundo piso: muros en tapia pisada estabilizada de 30 cms.

Amarre y viga canal: Hormigón armado de 10 cms.

Cubierta: Viguetería en madera. Tejas galvanizadas de 0.75 mm. Aislamiento térmico en hormigón aligerado de 6 cms. Impermeabilización en capas de cal de 2 cms. recubierta con tela asfáltica. Protección final: aluminio de 3mm.

Remate de los muros: Tapia pisada estabilizada con borde redondeado en hormigón pobre.

Muros interiores: Bloques de cemento huecos.

Muros del jardín: Bloques de cemento huecos.

Pañetes exteriores: Pañete bastardo, con enlucido de cal.

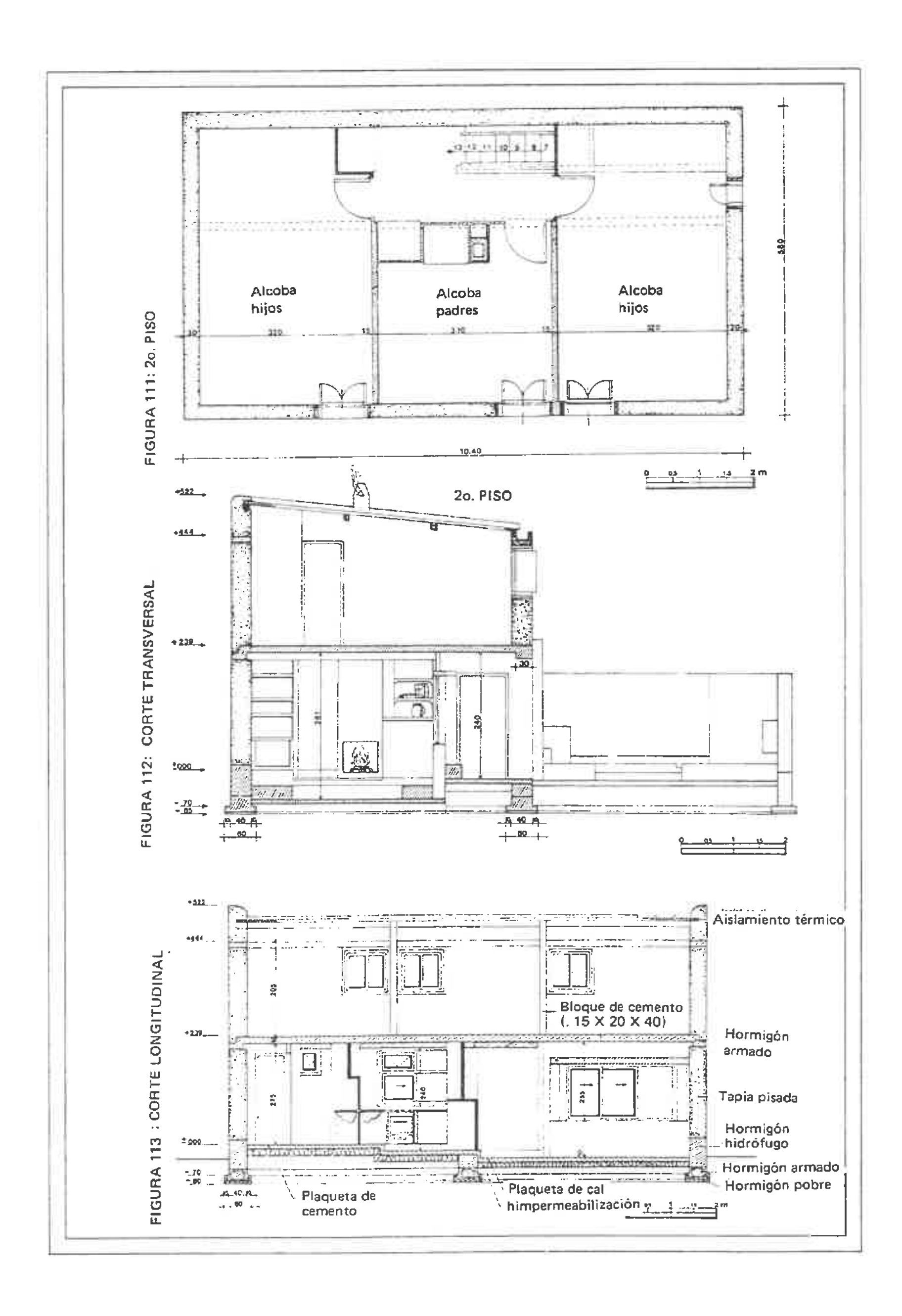
Pañetes interiores: Pañetes de cal, lisos.

Pisos: capas de cal.

Escalera: Hormigón armado.

Marcos puertas y ventanas: piezas prefabricadas en hormigón armado.

Carpintería (estanterías, anaqueles y otros): madera.


FIGURA 111: 2o. PISO
Alcoba
hijos
Alcoba
padres
Alcoba
hijos
10.40
2o. PISO
FIGURA 112: CORTE TRANSVERSAL
FIGURA 113 : CORTE LONGITUDINAL
Aislamiento térmico
Bloque de cemento
(. 15 X 20 X 40)
Hormigón
armado
Tapia pisada
Hormigón
hidrófugo
Hormigón armado
Hormigón pobre
Plaqueta de
cemento
Plaqueta de cal
himpermeabilización

LA TIERRA

Extracción: Se hizo en un lugar situado a 2 kms. Por medio de un bull-dozer, fue necesario organizar cuidadosamente esta explotación a fin de evitar los problemas de posibles atascamientos en periodos de lluvia, así como el problema de "desengrase" de la arcilla, por acción de la cal viva, el cual vuelve la tierra almacenada difícil de utilizar después de un año.

Corrección de la granulometría
Fue realizada añadiendo arena de cantera a la tierra. Es una operación muy costosa, por lo cual se debe evitar. Es sin embargo irrefutable que da excelentes resultados.

Preparación: La tierra se molió y se tamizó, quedando los terrones con diámetro inferior a 10 mm. Esta operación se debió mecanizar.

Mezcla: Se utilizó una mezcladora para hormigón con tolva y balanza, que no dió buen resultado. Es indispensable tener una mezcladora especial. La tierra, arena, cemento y agua deben ser minuciosamente dosificados por una tolva-balanza.

Elevación: Por medio de una grúa de herrada y de una grúa dumper.

Andamios: sobre los travesaños de la formaleta.

Encofrado: Formaleta integral metálica modulada que resiste fácil-

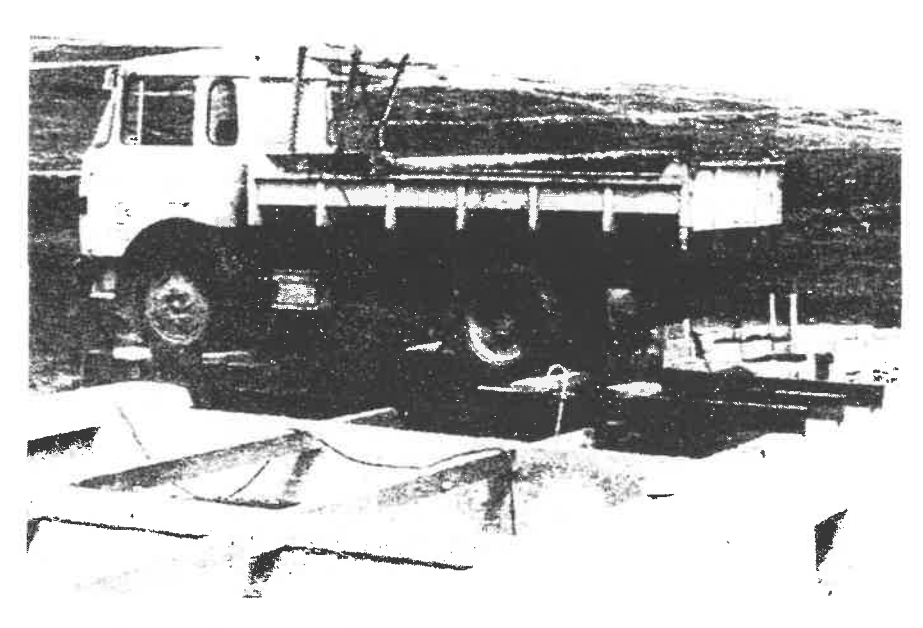


FIGURA 116: PRUEBA DE RESISTENCIA

mente 1.000 utilizaciones. Presenta los siguientes problemas:

- deformación de las formaletas por las enormes presiones ejercidas durante el apisonamiento.
- peso excesivo (50 kg/panel)
- ajuste difícil
- aplome difícil de sostener
- mal acabado en el caso de reparaciones
- los elementos prefabricados para los marcos de puertas y ventanas son difíciles de ajustar
- los huecos que dejan los travesaños de las formaletas causan muchos problemas (retiro, llenado de los huecos, fisuras, etcétera).
- amortizamiento lento.

Apisonado: El material se pisó en capas de 8 a 10 cms. de espesor por medio de los siguientes sistemas:

- pequeños pisones manuales metálicos que se utilizaron a lo largo de la formaleta para lograr una capa dura y muy resistente.
- en la mitad se hizo un apisonamiento menos cuidadoso con pisones de hierro colado de 12 kg. o con un apisonador neumático (Atlas-Copco) que hizo el trabajo de 10 pisones manuales.

Pañetes: Es obligatorio picar completamente los muros. Esto hace muy interesante la utilización de un encofrado con acabado rugoso. Tanto los pañetes bastardos* como los pañetes de cal se desprenden de los muros. Es necesario usar los pañetes con base de tierra y estabilizados con cal. Este se debe dejar "podrir" durante tres semanas. Solamente después de este periodo el pañete "pega".

* Mortero bastardo: mezcla de arena, cal, cemento y agua.

MAQUINARIA UTILIZADA

Mezcladora: Roch MCH 75 Tde 750 litros con tolva y balanza. Comandos eléctricos. Potencia de los motores: 40 HP.

Dumpers: Elba EDF 16. Una y media toneladas. Con caja basculante.

Grúa giratoria: Elba. Brazo de 6,5 metros, canasta de 400 litros. Altura de vaciado: 5,6 metros.

Apisonadores neumáticos: Ram 30 de Atlas-Copco
Compresor Atlas-Copco VT 6
Presión: 8 kg/cm^2
Rendimiento: 11 m^3/minuto

EL MATERIAL

Granulometría: Corregida por adición de un 50% de arena de cantera. La curva granulométrica obtenida se confunde con la curva ideal *(fig. 117)*.

Plasticidad: Indice de plasticidad Ip = 22/ Indice líquido Il = 40/ Límite plástico Lp = 18 / Límite de contracción Lc = 12,5 / Material de la zona plástica 10: satisfactorio / Actividad media.

Compactibilidad: Proctor normal / C.O.A. (contenido óptimo de agua) = 15,6% / d max. = 1.750 kg/m^3 volúmen seco/ zona 3 = muy satisfactoria.

ANALISIS GRANULOMETRICO

CURVA OPTIMA DEL HORMIGON DE TIERRA ESTABILIZADA CON SUS CURVAS LIMITES

FIGURA 117: CURVA GRANULOMETRICA DE LA TIERRA EMPLEADA EN MOSTEFA BEN-BRAHIM

Componentes	%	Observaciones
insolubles	68.8	excelente
silicatos	10.7	bueno
sulfatos	00.0	ideal
cloruros	00,0	ideal
óxidos de hierro	1,0	bajo, bueno
carbonatos	14,2	excelente
agua	5,7	montmorilonita bien definida
aluminio	19,2	arcilla plástica
al/silicio	1/2,5	montmorilonita alterada
silicio total	58,1	excelente
magnesio	0,7	muy bueno
Conclusión		Aceptable para H.T.E.

Composición química: La tierra empleada para la mezcla es una arcilla roja montmorilonita. El análisis químico dió los siguientes resultados:

Estabilización: La tierra fue estabilizada con cemento a razón de 120 kg/m^3 de tierra compactada (6,2%)

Características del H.T.E. obtenido:

– Volumen seco = 1920 kg/m^3.

Después de un curado de 28 días:
– Resistencia a la compresión seca = 52 kg/cm^2
– Resistencia a la compresión húmeda = 30 kg/cm^2.

– Resistencia a la tracción seca = 6,30 kg/cm^2.

ASPECTOS FINANCIEROS

Se ha llevado una contabilidad minuciosa en la obra, de la cual presentamos algunos extractos y comentarios.

Evolución del precio unitario de H.T.E. *(fig. 118)*

Fuerte decrecimiento del precio hasta marzo de 1974. En este momento, por decisión del Ministerio de Agricultura, se limitó el proyecto a 30 casas. Siendo que el amortizamiento del material era contabilizado mensualmente, el precio de producción se estabilizó (amortizamiento en 17 meses). El ligero incremento en el curso de los siguientes meses se debió al alza en el precio del cemento, la pérdida de tiempo en los meses del Ramadán y el final de la obra. El precio, con un amortizamiento extremadamente alto del equipo y los estudios se estabilizó cerca a los 614 Dinards*/m^3 (alrededor de $614.00 FF/M^3).

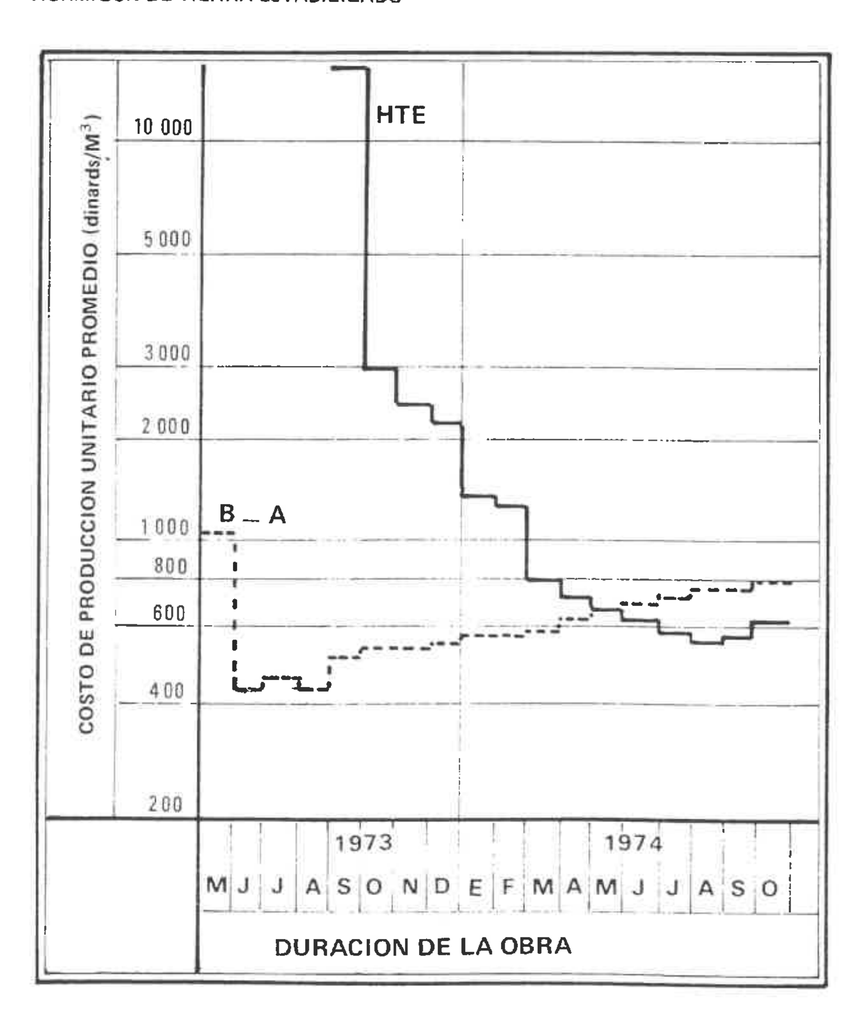
Evolución del precio del hormigón

Esta curva se utilizó para establecer una comparación. Después de un fuerte decrecimiento, el precio

* Dinard = moneda argelina.

subió constantemente, luego de algunos meses de obra cuando se emprendieron los trabajos más complejos: placas, escaleras, prefabricados... La tendencia a crecer al final de la obra se produjo debido a las mismas razones que afectaron los costos del H.T.E.

FIGURA 118: COSTO DE PRODUCCION DEL HORMIGON ARMADO Y DEL HORMIGON DE TIERRA ESTABILIZADO



Análisis del costo unitario

En el primer cuadro se encuentra la contabilidad del costo de producción unitario obtenido en la obra. El costo de producción se puede reducir notablemente según las siguientes consideraciones:

ANALISIS DEL COSTO UNITARIO DEL H. T. E.

Rubro	Costo Unitario (D/m^3)	Mejoras Posibles	Nuevo Costo (D/m^3)
1 Agregados	13,30	Explotación más eficiente de la cantera de arena.	9,98
2 Ligantes	23,36	Dosificación de cemento 62,5 kg/m^3 en lugar de 120 kg/m^3	11,68
3 Materiales Varios	7,21	Amortizamiento de una parte entre 300 casas en lugar de 30	3,63
4 Amortizamiento Varios	59,72	Amortizamiento sobre un mínimo de 300 casas en lugar de 30	5,97
5 Amortizamiento Equipo	129,38	Amortizamiento más razonable sin gastos extras en maquinaria	67,28
6 Combustibles	9,70	Selección de una cantera más cercana	4,85
7 Salarios	225,60	Empleo de apisonadores neumáticos	169,20
8 Laboratorio	36,65	Amortizamiento sobre el proyecto completo	3,12
9 Estudios Administración	108,83	Amortizamiento sobre el proyecto completo	24,27
Total	614,00	Disminución del 51,14% fácilmente realizable	299,98

ANALISIS DEL PRECIO UNITARIO DEL HTE

	REAL		POSIBLE REALIZACION	
	DA/m^3	%	DA/m^3	%
Agregados +ligantes (1+2)	36,66	5,97	21,66	7,22
Materiales (3+4+5+6)	206,01	33,57	81,73	27,25
Estudio+supervisión (8+9)	145,48	23,70	27,39	9,13
Mano de obra (7)	225,60	36,76	169,20	56,40
Total dinards/m^3	613,75	100,00	299,98	100,00

En el segundo cuadro se encuentra un análisis de los componentes del costo unitario. Dentro de las mejoras posibles se observa que no se obtienen cambios extraordinarios en el porcentaje de los constituyentes y del material, pero que se puede bajar el costo del estudio y la supervisión. También se observa que la mano de obra representa un 56,40% lo cual la clasifica como "labor intensiva".

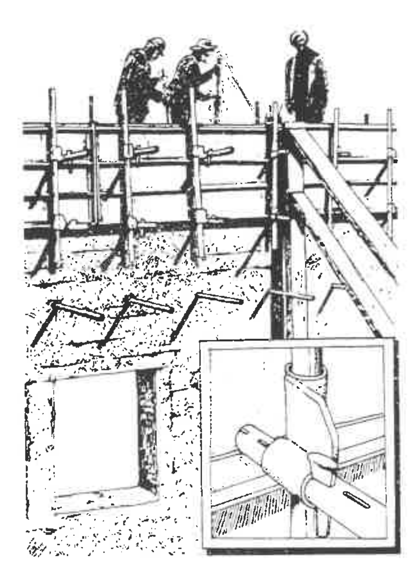

Pierre Bonneviale

FIGURA 114: CONSTRUCCION CON H.T.E.
DETALLE DE LA FORMALETA

ESTADISTICAS DE EJECUCION

Actividad	Tiempo de ejecución (h)	Observaciones	Nuevo
Encofrado	448	Sistema inadecuado. Mal concebido. Mejora posible: 50%	224
Desencofrado	168	Reemplazar pernos por clavijas Mejorar sistema de travesaños Mejora posible: 30%	118
Llenado y apisonado	560	Usar Dumper, grúa y apisonadores neumáticos en lugar de baldes y pisones manuales. Mejora posible: 60%	224
Extracción de Riostras	128	Travesaños mal concebidos Extracción con martillo-pilón Mejora posible: 30%	40
Llenado de los Huecos	32	Idem	32
Total	1336	Volúmen total 50 m^3 Mejora posible: 48%	638
Tiempo Total por m^3	27	Puede ser reducido un valor equivalente en mampostería convencional (15 h)	13

ECONOMIA EN CEMENTO

	H.T.E.	Bloque de Cemento
Dosificación cemento	120 kg/m^3	250 kg/m^3
Material por m^3	1 m^3	0,5 m^3
Consumo total cemento	120 kg/m^3	125 kg/m^3
Consumo posible	60 kg/m^3	125 kg/m^3
Economía eventual por casa	3 TT	
Economía total 300 casas	900 TT que representan 225.000 D	
Observación	El resultado no deja lugar a dudas. Para obtener mayores economías se debe revisar la concepción y construir con tierra en un 100%.	

Una Variante: La Tapia Vaciada

El método consiste en vaciar tierra en estado líquido, como el hormigón, directamente dentro de la formaleta.

LA EXPERIENCIA EN ZERALDA

En 1972/73, fueron construidas tres casas en Zeralda (Argelia) en el dominio presidencial ("El bosque de los plantadores"). Estaban destinadas a los guardias forestales *(fig. 119).*

Estas casas fueron construidas por los "Chantiers Populaires de la Révolution Agraire"; a pesar de que en aquella época este tipo de construcciones eran desconocidas y prohibidas, estas casas debían de servir como construcciones demostrativas. Se quiso ensayar una técnica sobre la cual no se tenía conocimiento, antes que realizar un experimento científico, y el resutado fue muy interesante. La obra se desarrolló durante los meses de noviembre, diciembre y enero. No se controló la ejecución de la obra ni la dosificación de los materiales.

Construcción: Los encofrados de madera se colocaron en su totalidad. Su costo fue muy alto, puesto que el encofrado de las tres casas equivalía al costo total de una de ellas. La tierra se transportó en carretillas, lo que implicó la colocación de tablas inclinadas con poca pendiente. Los encofrados se desplazaron cada tres días: un día para vaciado y dos para el secado.

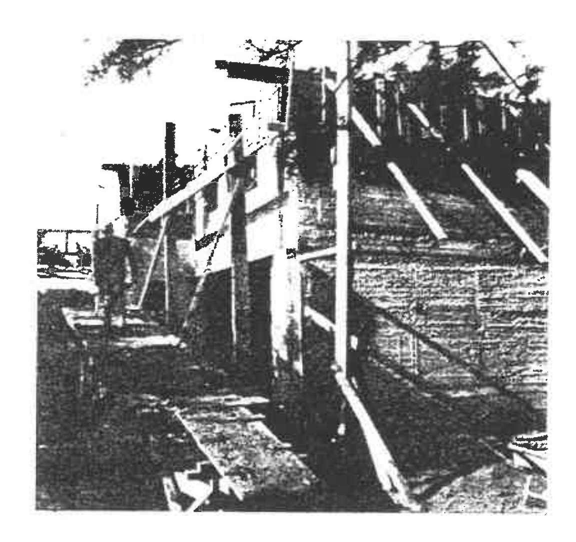


FIGURA 119: ZERALDA

La tierra empleada era muy mala y además contenía materias vegetales. Fue estabilizada con un 7 a 8% de cal hidráulica. En momentos de escasez la cal fue reemplazada con cemento. El barro fue vaciado en capas de 30 cms. dentro de las formaletas, los muros medían 40 cms. de espesor. Se desencofró dos días después. Las fisuras fueron numerosas, pero una vez resanadas, los muros tomaron buena consistencia. Alrededor de seis meses después estos se estabilizaron. Las casas fueron encaladas inmediatamente pero no pañetadas en el exterior.

En conclusión: Una construcción que no siguió ninguna de las normas pero con resultados técnicos prometedores, sin embargo se deben rediseñar los acabados.

EXPERIENCIA EN BRASIL

En 1943 fueron construidas algunas casas en Petrópolis utilizando la técnica de hormigón de tierra estabilizado, (H.T.E.), vaciado en estado líquido, el cual se transportó en una bomba para hormigón. Las casas fueron dejadas sin protección durante seis meses. Después de este período se resanaron cuidadosamente todas las fisuras para dar comienzo a los acabados. Las casas se encuentran actualmente habitadas y su estado es impecable *(fig. 120)*.

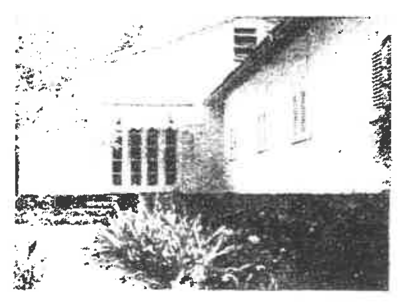


FIGURA 120: PETROPOLIS

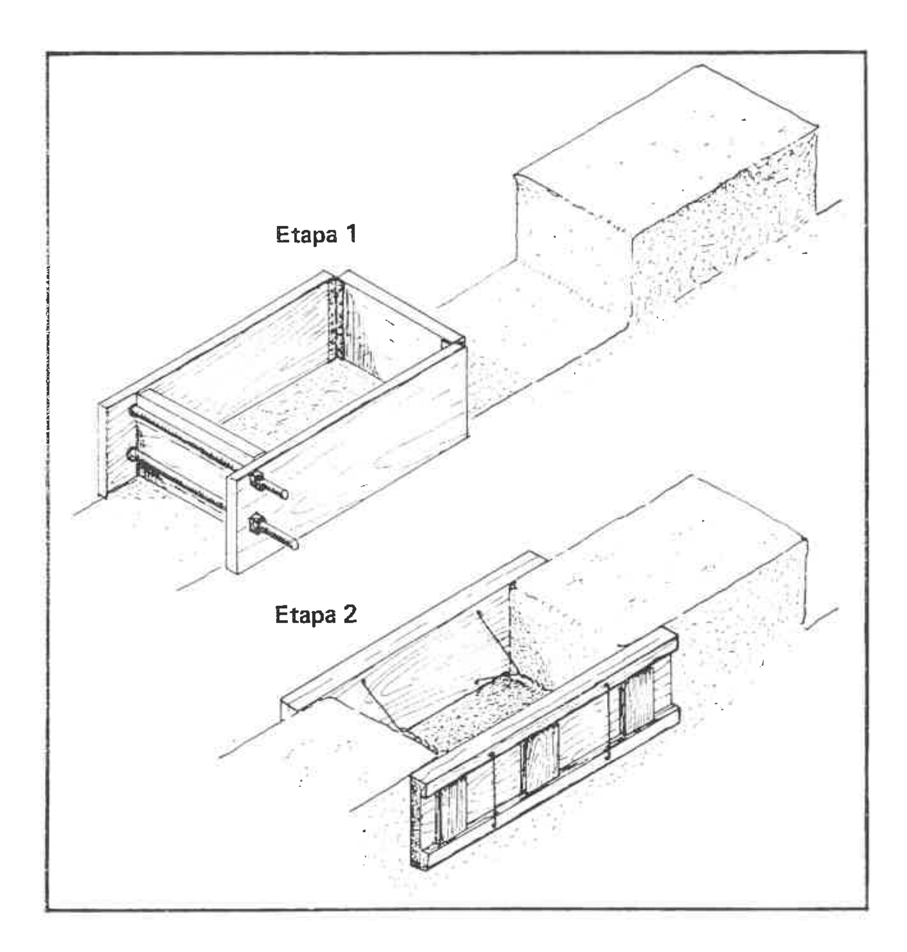


FIGURA 121: EXPERIENCIA DE ADOBE VACIADO EN LOS ESTADOS UNIDOS

ETAPA 1: Los moldes de 1,00 X 0,4 X 0,4 metros se colocan sobre el muro a intervalos regulares y después se llenan con una mezcla de tierra líquida. Se desmolda después de algunas horas.

ETAPA 2: Una vez seco se procede a llenar los intervalos con tierra. Las dos pequeñas formaletas se sostienen con alambre que se corta al terminar.

Este procedimiento en dos etapas evita la formación de fisuras por efectos de la contracción.

Moldeado directo y bauge



2 Moldeado directo y bauge

Es una técnica que permite modelar la tierra directamente sin ayuda de moldes o de encofrados, aprovechando la plasticidad de los suelos húmedos. La tierra no se utiliza para llenar una estructura como el torchis, sino que se moldea directamente como una cerámica. La plasticidad del material es, en consecuencia, el factor esencial para su utilización. Se trata de encontrar la consistencia intermedia entre un suelo demasiado seco e imposible de moldear y de un barro demasiado húmedo, carente de cohesión.

El Africa negra y Yemen ofrecen las realizaciones más notables demostrando una sensibilidad arquitectónica y un conocimiento del material, difíciles de igualar. Presentamos ejemplos de una construcción, por otra parte muy difundida en el mundo, y más particularmente los desarrollos de esta técnica en Europa.

AFRICA NEGRA

Se utiliza este método en Sahel y en la región ecuatorial, si bien las lluvias allí son abundantes en la estación lluviosa y tan violentas que ponen a prueba las construcciones; en el campo, las chozas y los graneros; y en la ciudad, las mezquitas y los inmuebles, son edificados de esta manera. La composición de las tierras utilizadas no ha sido estudiada. Se utiliza generalmente una arena arcillosa sin gravilla. Las regiones de lateritas* proveen las mejores tierras. Los estabilizantes, las fibras y la paja no forman parte sino excepcionalmente de la composición de los muros. Se les emplea preferencialmente en los pañetes.

* Especie de arcilla rojiza.

Ejemplo de un hábitat rural (concesión)

En Camerún, en Alto Volta, en Ghana, las Concesiones agrupan todos los miembros de una misma familia.

Las chozas que forman la Concesión están encerradas por un muro, este delimita también el patio inte-

rior, el cual solamente tiene una abertura hacia el exterior; el acceso a las chozas se hace obligatoriamente a través de este patio. Cada choza es independiente y responde a un uso específico: alcoba del marido, de la mujer, granero, cocina, etcétera.



FIGURA 122: ALTO VOLTA

El plano *(fig. 123)* pertenece a una Concesión Nabdam en Nangadi, en el Norte de Ghana. Los nabdam son agricultores sedentarios agrupados en familias. Las Concesiones están formadas en consecuencia, por un hombre, su mujer y sus hijos, pero pueden también incluir a los hermanos del jefe con sus respectivas familias. Alrededor de cada Concesión familiar se encuentra también el terreno donde se cultiva el tabaco, las calabazas, los tomates y todas las legumbres corrientes; el interior, un espacio —aislado de los lugares habitados por medio de muros bajos— se reserva a los animales. Es allí donde se guardan du-

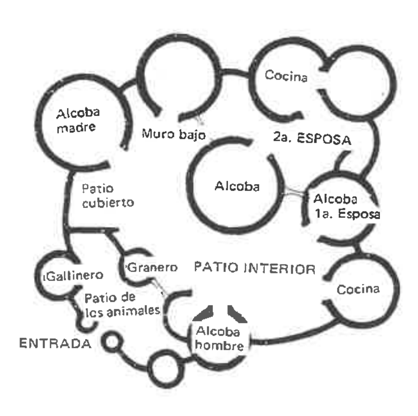


FIGURA 123: EJEMPLO DE CONCESION

rante la noche, cuando hay peligros exteriores o conflictos locales. El granero cumple a la vez una función económica importante y otra simbólica, es como el centro alrededor del cual se localizan los otros espacios. En las concesiones pequeñas se sitúa entre el corral de los animales y el patio de estar. En una sociedad agrícola donde la vida de la comunidad depende del manejo apropiado del grano, el granero tiene un carácter primordial. Representa igualmente la unidad de la familia: poseer una reserva de granos independiente, es con frecuencia un pretexto para la separación.

Todas las modificaciones de la familia (matrimonio, partidas...) implican una remodelación de la Concesión; y el modo de construcción en unidades independientes, sin

forma rígida, se adapta admirablemente a todas las transformaciones. Las chozas son de tamaño pequeño (10 m^2 como máximo y 2 a 3 metros de altura). Los materiales, fáciles de conseguir, permiten la edificación rápida de nuevas chozas, que pueden reagruparse alrededor del patio principal o formar un patio secundario.

Construcción de una choza

Se hace un montón con la tierra extraída del suelo, se moja y se mezcla para obtener una pasta homogénea y plástica (15 a 20% de agua). Para mezclarla se puede pisar con los pies, una vez se hayan retirado los elementos inapropiados, tales como raíces y piedras. El amasado requiere medio día.

Los muros de poco espesor (10 a 30 cms. en la base y 5 a 15 cms. en el remate), reposan sobre un sobrecimiento más ancho (30 cm. de altura) el cual puede servir como banca. Para construir los graneros, se parte de un piso de tierra reforzado con madera y colocado sobre grandes

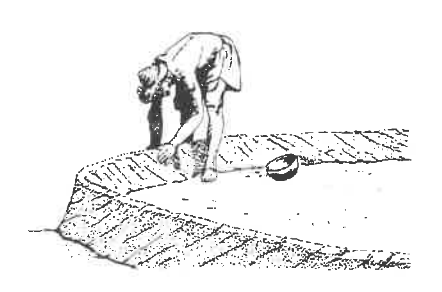


FIGURA 130: EL ALBAÑIL MOLDEA CON LA MANO LA PRIMERA HILADA



FIGURA 131: CONSTRUCCION COLECTIVA DE UNA CHOZA

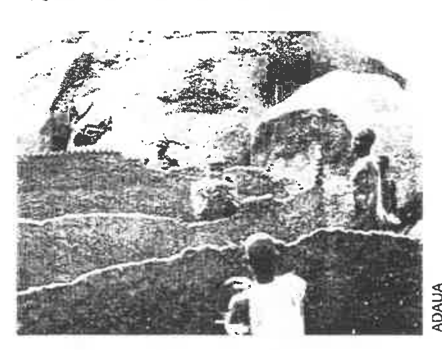


FIGURA 132: CONSTRUCCION COLECTIVA

piedras o sobre estacas enterradas en el piso, aislando así la humedad durante las estaciones de lluvia.

Una vez terminado y seco el sobrecimiento, el albañil levanta los muros. A partir de la mezcla de la tierra, los obreros hacen bolas de 15 a 20 cms. de diámetro, y de 3 a 4 kg. y las entregan al albañil. Este las pega fuertemente unas a otras formando un cordón sobre el trazo del muro. El albañil retrocediendo inclina los rollos a 45 grados. Realiza así varios cordones superpuestos hasta alcanzar una altura de 50 a 70 cms. Una vez acabada esta primera hilada, las superficies son retocadas,

alisadas y "llamadas" o pulidas con una piedra plana. Se deja secar durante dos o tres días antes de comenzar la siguiente hilada.

La construcción se levanta poco a poco haciendo hiladas cada vez menos altas. A falta de andamios el albañil se sienta a horcajadas sobre el muro seco. El escaso espesor de los muros y la plasticidad del material permiten elevar la construcción como si se tratara de una obra de alfarería.



FIGURA 133; LAS SUPERFICIES DEL MURO SON ALISADAS CON UNA PIEDRA

Habitualmente se necesitan dos obreros para moldear las bolas de tierra y entregarlas al albañil. Varios equipos pueden así trabajar sobre la misma hilada, el trabajo se termina más rápidamente y se logra un secado más homogéneo. Una vez terminados los muros se coloca un techo de paja formando una terraza. Un pañete de mortero de tierra estabilizado con jugo de plantas protege los muros del patio interior que son profusamente decorados con pinturas o incrustaciones.

LA CONSTRUCCION CON TIERRA EN YEMEN DEL NORTE *

En las grandes llanuras semidesérticas limítrofes del desierto, el Este y Noreste del país, la tierra constituye el material básico de construcción. Como en casi todo el país, las casas de esta región se construyen en altura, lo que les confiere un aspecto imponente y esbelto, alcanzando fácilmente cinco pisos. Los constructores yemenitas conocen dos técnicas distintas para utilizar la tierra en la construcción:

- *La primera* se caracteriza por el empleo de una especie de adobe de tierra cruda de 19x19x8 cms. que se apila en varias hiladas para formar los muros de la casa, todos portantes en esta clase de construcciones.

- *La segunda* técnica aplicada por los constructores yemenitas parece ser exclusiva de la arquitectura en tierra de Yemen: Para la construcción de los muros, los albañiles fabrican en el sitio una especie de rollo grueso de barro que moldean formando un cordón alrededor de toda la casa *(fig. 138)*. Repiten enseguida esta operación tantas veces como sea necesario, respetando un tiempo mínimo de secado,

* Extraído de 'L'architecture traditionelle au Yemen du Nord" Suzanne y Max Hirschi. Berger-Levranlt, editor, 1979.



Gilles Garby

FIGURA 124: GRANEROS

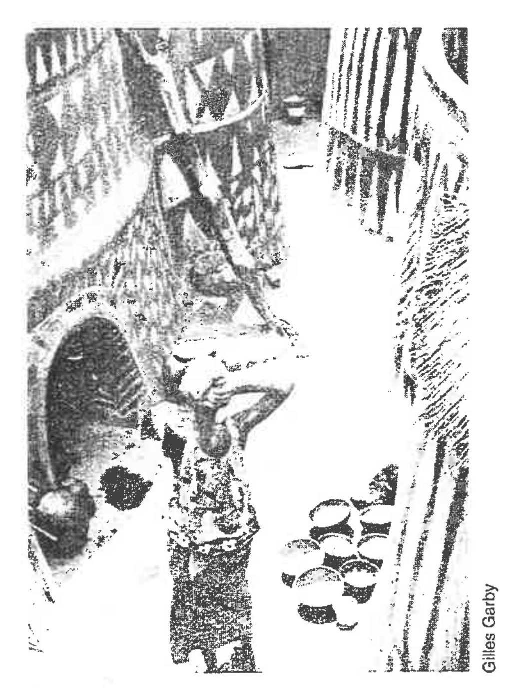


ADAUA

FIGURA 134: GRANEROS

Gilles Garby

FIGURA 125: EL ESPACIO PARA LOS ANIMALES ESTA SEPARADO DE LA VIVIENDA POR UN MURO (ALTO VOLTA)

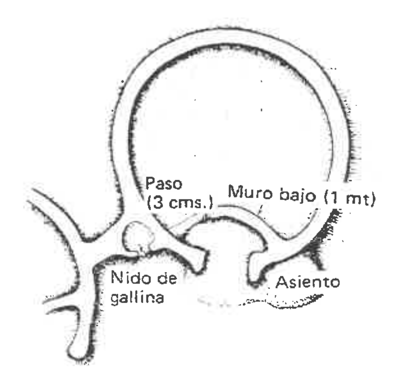


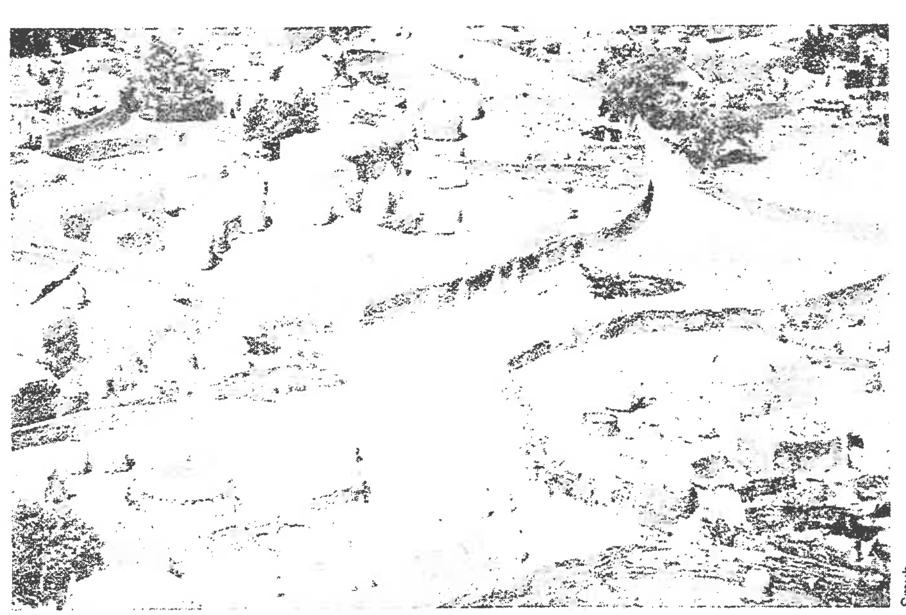
Gilles Garby

FIGURA 126: ALTO VOLTA

Gilles Garby

FIGURAS 127 - 128: GALLINEROS





Smuh

FIGURA 135: NIGERIA



FIGURA 136: VISTA PARCIAL DE SA'DAH AL NORTE DE LAS MESETAS DESERTICAS

lo cual les permite realizar sin encofrado, muros que pueden fácilmente alcanzar 18 mts. de altura. La mayoría de las casas de tierra de Yemen y más particularmente las de la mitad Norte de las mesetas desérticas, se construyen con este procedimiento que determina en gran parte su aspecto arquitectónico.

En efecto, se distinguen claramente en la fachada las diferentes hiladas que constituyen el muro, y que se separan entre sí por medio de juntas profundas. Se puede igualmente observar que todas las bandas se levantan en las cuatro esquinas, hasta el remate de los muros donde se ven las acroteras (cornisas) en forma de cuernos. Esta mayor elevación de las hiladas en los ángulos se debe a la presencia al nivel del suelo, solamente en este sitio, de grandes bloques de piedra, parcialmente enterrados, que hacen el oficio de cimientos. Teniendo en cuenta la escasez de la piedra así como la sequedad del clima en esta parte de Yemen, se considera que son suficientes, el resto de los muros se construye directamente sobre el suelo.

Para la fabricación de los "rollos", se emplea una tierra arcillosa que se mezcla con arena, con paja y con cascarilla de cereales, después se agrega agua hasta obtener una buena plasticidad. Luego de pisar la mezcla con los pies se deja reposar durante dos días para permitir que la paja se embeba de agua, y el material se vuelva más homogéneo. Este, así obtenido se lanza en forma de bolas húmedas, semicompactas,

al albañil, quien de pié sobre el muro, le da forma a la nueva hilada del rollo de tierra, compactándolo con sus puños para formar una masa homogénea *(figs. 138 y 138 bis)*.





FIGURA 138 y 138 BIS: LOS ALBAÑILES FABRICAN EN EL SITIO, UNA GRAN TORTA DE BARRO

Una vez terminada cada hilada, incluyendo los muros divisorios, el albañil la pisa fuertemente al cabo de algunas horas y alisa su superficie exterior, después de lo cual la deja secar durante por lo menos dos días. Se dejan las aberturas para los vanos de puertas y ventanas interrumpiendo simplemente las hiladas que sea necesario de acuerdo a la altura escogida. En la parte superior se coloca un dintel. Una tabla o ramas sirven de apoyo a la capa siguiente. En cambio las aspilleras, o pequeñas aberturas, se recortan en el muro aún húmedo, con una azada.

Los pisos de las casas de tierra son construidos con la ayuda de una serie de vigas (troncos de acacia), que se apoyan cada 60 cms. aproximadamente, sobre los muros divisorios; encima se coloca una cama de ramas, sobre la cual se apisona tierra.

La cubierta plana de las casas yemenitas, se realiza de la misma manera que los pisos pero generalmente se pañeta con un mortero impermeable, hecho con arena y cal. Debe ser revisado después de cada lluvia fuerte y reparado si es necesario. La escalera, generalmente de forma cuadrada, se compone de cuatro tramos de tres a cinco pasos de treinta cm. de altura cada uno, los cuales se apoyan sobre un pilar central. Los tramos se construyen como una plancha inclinada, con vigas y ramas de base, y sobre esta se modela la tierra en forma de pasos.
La planta generalmente cuadrada o rectangular, varía de acuerdo al tamaño de la casa. En una esquina se encuentra la tradicional escalera de cuatro tramos que da acceso a los diferentes niveles.

La fachada tiene muy pocas y pequeñas aberturas en los pisos inferiores, mientras que en el piso superior, se encuentra una hilera de



Max et Suzanne Hirschi

FIGURA 139 y 139 BIS: UNA CASA CARACTERISTICA DE LA ARQUITECTURA YEMENITA EN SA'DAH

aberturas de mayor tamaño rematadas por un vitral de forma semicircular. Es también notable el uso de yeso blanco (goss) en las fachadas, para enmarcar ciertos elementos de la misma. Esta enjalbegadura, así como las ventanas coronadas por un semicírculo, son elementos muy característicos de la arquitectura yemenita. Estos mismos elementos se encuentran pero de manera más elaborada en las casas de ladrillo y piedra, en las planicies altas y medias del Norte de Yemen.

La casa de las figuras *139 y 139 bis,* fue construida en el Norte del país, en Sa'dah, una ciudad de 4.350 habitantes, en la que todas las casas son construidas con tierra, siguiendo la técnica descrita anteriormente. Es una modesta casa de tres pisos, que pertenece a un reparador

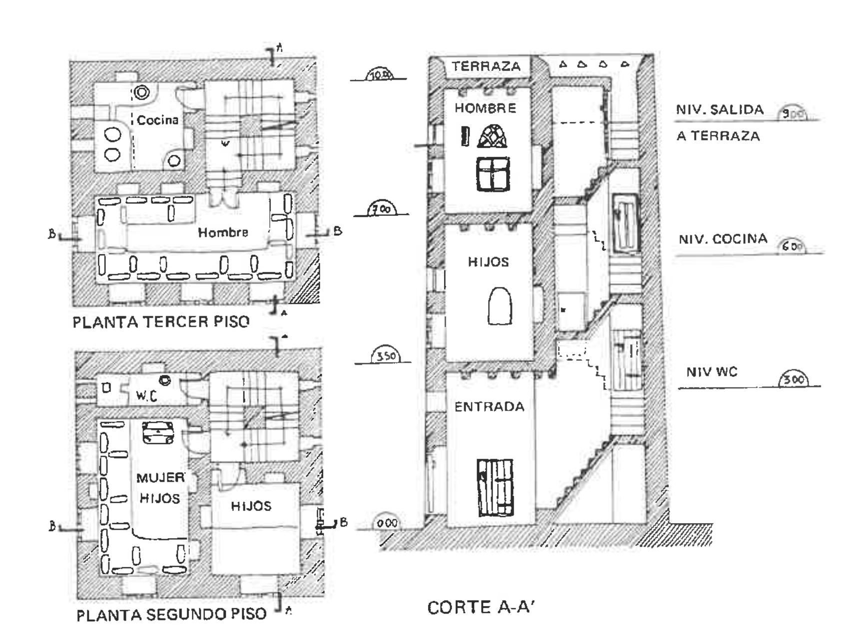




FIGURA 142: CASA EN "COB" (ESCOCIA)

y vendedor de "djambias" (puñal tradicional yemenita). Este ocupa el piso superior, mientras que su mujer y sus tres hijos, habitan el segundo piso. Todas las alcobas han sido blanqueadas al interior con yeso. Los muros están provistos de nichos. El resto de los muros tiene solamente un revestimiento de barro. La casa se encuentra localizada dentro de un vecindario sano y bien mantenido. Las aberturas de la fachada tienen un tamaño suficiente para lograr una buena ventilación e iluminación natural en todos los cuartos. La escalera se ilumina a través de aspilleras que decoran la fachada.

EUROPA

En Francia la técnica del moldeado directo se designa con el nombre de *bauge.* Conocida igualmente en numerosos países europeos, las casas construidas con esta técnica soportan fácilmente los inviernos y las ventiscas de regiones famosas por su clima húmedo: Cornailles, Dorset, Devon, Escocia...

En Devon o en Escocia las quintas construidas en "cob", de uno o dos niveles forman pueblos enteros. Es decir, que aunque se asocia a un tipo de construcción agrícola mínimo (porquerizas, garajes, etcétera), no se trata de un tipo de construcción menor. En Francia, el ejemplo más conocido de construcción en bauge es la llamada "Bourrine vendeene".

El Material

• *La tierra:* arenosa y "semigrasosa" constituye el mejor material para la bauge. Un suelo muy arcilloso sería más difícil de trabajar y

exigiría un secamiento demasiado largo. El análisis granulométrico, de muestras de tierra, tomadas de casas en Devon, Inglaterra, ha dado los siguientes resultados: arena 33%, arcilla 21%, paja 1,6%. Estos resultados corresponden a las tierras más frecuentemente utilizadas para la tapia pisada. En Inglaterra, las casas en "cob" se ubican generalmente cerca de las de tapia pisada, pero estas últimas son proco comunes puesto que allí es difícil encontrar un suelo lo bastante seco como para poder ser compactado.

• *Las fibras:* Se agregan casi siempre a la tierra vegetales, paja, brezo, tamo o cascarilla de granos. Su papel es múltiple. Por una parte aumentan la resistencia a la tracción, y en consecuencia, la flexibilidad del material. La tierra sola, en efecto, sólo puede soportar mínimos esfuerzos de flexión mientras que un suelo "armado" resultará adecuado para sufrir deformaciones importantes sin fisurarse. Esta elasticidad impide que el muro se resquebraje, ya que las fibras reparten en toda la masa del material, las tensiones que provoca la arcilla al contraerse, durante el secado. Por otra parte, el volumen que ocupan disminuye la densidad del muro y mejora sus cualidades térmicas.

Se corta la paja en trozos de 15 a 20 cms. antes de mezclarla con la tierra.

Las proporciones habituales de fibra varían alrededor de 25kg/m^3 de tierra, (1,6%). Este porcentaje puede parecer bajo, pero en volumen representa cerca de 250 lts. de fibra por cada 1.000 lts. de tierra.

Procedimiento

La tierra, extraída del suelo, se extiende en una capa de 20 cms. de espesor. Se extraen los elementos impropios con la ayuda de un rastrillo de 4 o 5 dientes, y los terrones más gruesos se parten. La tierra se humedece enseguida hasta obtener la consistencia de un mortero espeso (alrededor de un 20% de agua). A continuación se preparan alrededor de la casa montones circulares de 1,3 mts. de diámetro. Se comienza por una capa de tierra de 10 cms. sobre la cual trabaja un obrero. Este esparce paja sobre la tierra y la pisotea para obligarla a penetrar en la tierra. Una vez bien mezclada la paja, se coloca más tierra encima, más paja y así sucesivamente hasta que el montón alcance un metro de altura. La paja, si es necesario, se remojará con agua en cada capa. Se debe dejar reposar la mezcla durante una jornada antes de utilizarla. También se puede preparar la tierra extendiendo una capa sobre una superficie más grande y haciéndola pisar por animales.

Un sobrecimiento masivo, de piedras o ladrillos, recubierto de un material aislante de la humedad, forma la primera hilada de la casa. El obrero parado sobre un montón de tierra alcanza mezcla al albañil con un tridente; este la extiende sobre el muro y la pisotea fuertemente, la masa de tierra así formada rebasa en 5 a 10 cms. los costados del sobrecimiento, para permitir el recorte de los paramentos,

una vez terminado el muro. Se realiza así una hilada de 0.60 cms. a un metro de altura *(fig. 144).* Después de cinco días de secado, se colocan tablas como plantilla, sobre el muro; con el borde exterior marcando la arista. El maestro de pié sobre ellas con la ayuda de una pala especial, afilada y de forma triangular, hace cortes sirviéndose de la tabla como guía y define así el paramento del muro.

Sobre todas las superficies recién alisadas, un obrero introduce en el muro (cada 7 cms.), una especie de rastrillo inclinándolo, haciendo así huecos de dos cms. de diámetro, los que posteriormente servirán para anclar el pañete. También se pueden clavar en la superficie pequeños trozos de ladrillo sabresaliendo un centímetro, con este mismo propósito. Después de una o dos semanas de secado se construye la hilada siguiente de la misma manera.

En los puntos frágiles, donde se pueden presentar fisuras (ángulos de las ventanas y de las puertas), se colocan dentro del muro trozos de madera impregnados de barro. El secado de la bauge es muy lento y en los tiempos lluviosos es necesario esperar hasta tres semanas entre cada hilada. Así, aunque la construcción sea rápida, puesto que cuatro hombres pueden hacer en una jornada 15 m^2 de muro de 60 cms. de espesor, la ejecución de una casa entera es muy larga. Teniendo en cuenta que el secado no es posible durante el invierno, se emprende el trabajo desde el comienzo de la primavera, para poder colocar la cubierta antes del invierno. No hay método artificial para acelerar el secamiento aparte de un buen fuego en el interior, pero aún así, una casa no puede ser habitada sino varios meses después de su terminación. Las casas, de un solo piso, son más rápidas de construir, puesto que los muros en éstas son de aproximadamente 45 cms. de espesor; mientras que en las construcciones de dos o tres pisos, éstos pueden llegar a tener hasta 80 cms.

Una casa en bauge, exige un excelente aislamiento de la humedad: con "un buen sombrero y unas buenas botas" la construcción puede durar siglos. Para prevenir las goteras de la cubierta, se coloca una protección suplementaria, tela asfáltica o tejas que se colocan en el remate de los muros. En este tipo de construcción, son indispensables los pañetes. Finalmente, los alféizares protegen la fachada del salpicamiento del agua debajo de las ventanas *(fig. 145).*

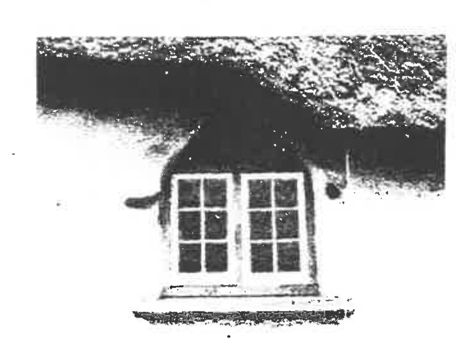
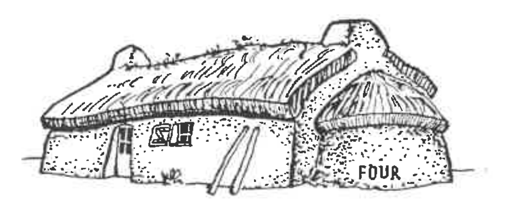


FIGURA 145: CASA EN "COB" EN DEVON (INGLATERRA)



Bourrine en Saint-Hilaire-de-Riez (Vendée).

Plantas
tierra
Carrizo
LITEAU
Pendolón
Alfarda
Tirante
Tierra pisada

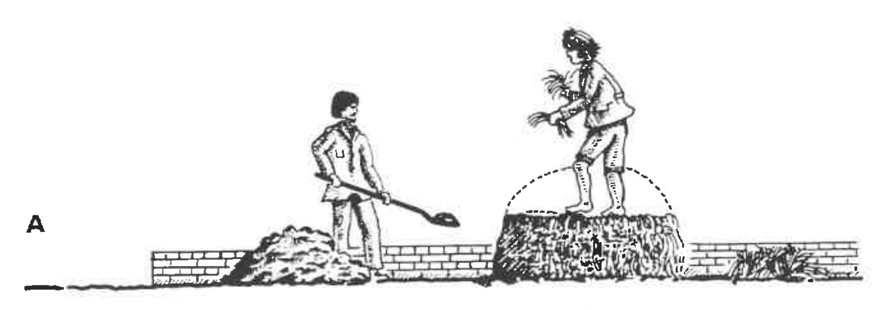
Dentro de una bourrine hay bienestar.
allí es:
— fresco en verano;
— tibio en invierno, aunque la calefacción se limite a la chimenea.
— se percibe muy poco ruido de afuera.

Los vanos orientados principalmente al sur:
— luz, sol.
— la brisa más agradable.

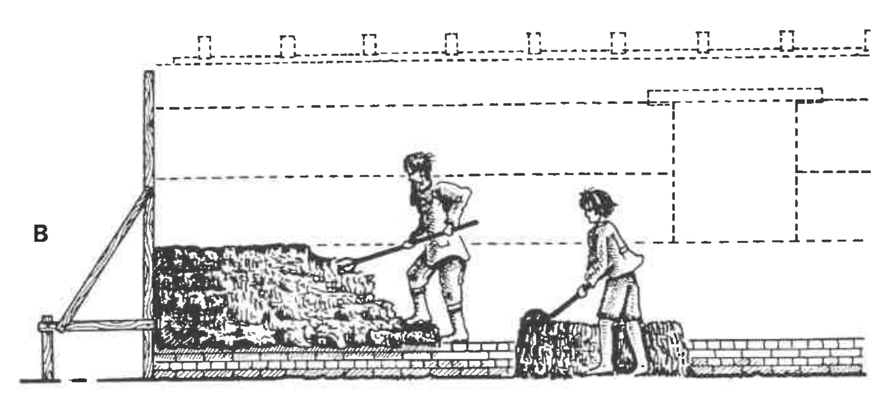
ESTABLO
ARMARIOS
ALCOBA
CAMA
HOGAR
HORNO
CAMA

Jean Florence

FIGURA 143:
LA BOURRINE EN VENDEENNE



A: PREPARACION DE LA MEZCLA TIERRA - PAJA



B: ELEVACION DEL MURO

C: CORTE DEL PARAMETRO DEL MURO CON UNA PALA CORTANTE
Y PREPARACION DE LAS SUPERFICIES QUE RECIBIRAN EL PAÑETE



FIGURA 144: CONSTRUCCION DE UN MURO



Jacques Debiesse

En conclusión *las ventajas* de este tipo de construcción pueden resumirse así:

• Como no necesita encofrado, ni molde, el abanico de formas posibles es muy ampiio.
• Presenta una excelente alternativa, si el suelo natural es muy húmedo para la tapia pisada.
• Resulta muy económica porque requiere un mínimo de mano de obra.
• Permite resolver adecuadamente el problema del alclaje de los pañetes.
• Las herramientas requeridas son fácilmente disponibles.

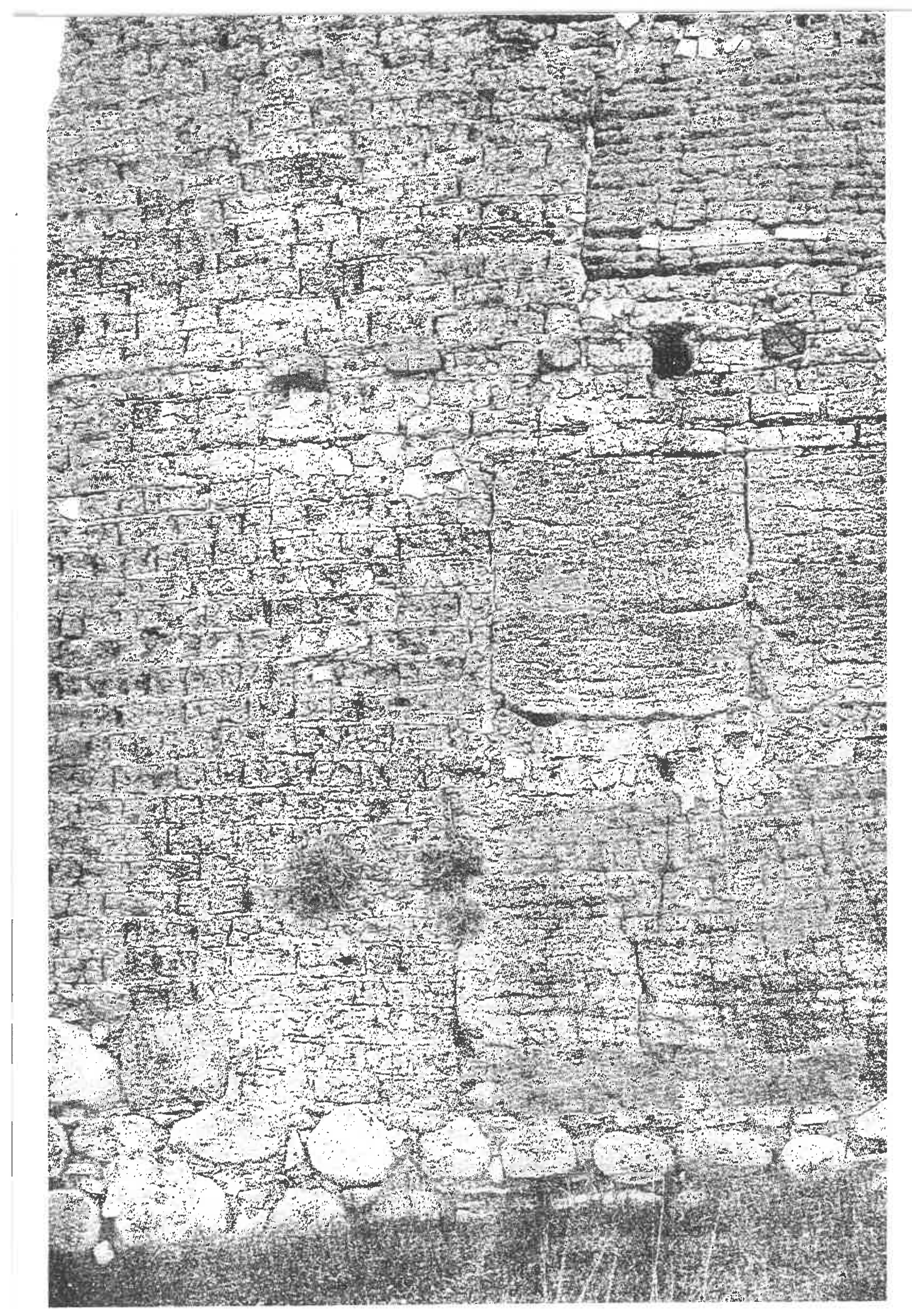
Los principales *inconvenientes* de esta técnica en comparación a otras de construcción con tierra, son los siguientes:

• El secamiento es muy largo en los climas húmedos y fríos.
• El comportamiento mecánico del material y su resistencia a la intemperie son mediocres.

A diferencia del adobe y la tapia pisada, la bauge no ha sido objeto de ningún estudio para mejorar sus cualidades. Los nuevos métodos de estabilización y la mecanización permitirán seguramente reducir considerablemente los inconvenientes de esta técnica.

El adobe





3 El adobe

La técnica del adobe consiste en moldear, sin compactar, ladrillos con tierra dejándolos secar al sol.

El ladrillo de adobe elaborado durante milenios, es uno de los primeros materiales de construcción utilizados por el hombre. El término "ADOBE" que viene del egipcio "Thobe" que significa ladrillo, dio nacimiento a la palabra árabe "Ottob" convertida en "Adobe" en español y "Toub" en francés. Se le conoce también bajo el nombre de "ladrillo de tierra cruda" y "Banco". Los hay de múltiples formas: cónicos, cilíndricos, trapezoidales... Estas formas se sitúan históricamente entre el moldeado manual de la tierra en forma de bolas y la aparición del molde rectangular. "Los primeros ladrillos de tierra, que se ensayaron, fueron probablemente amasijos de arcilla, burdamente hechos, secados al aire y endurecidos por la acción del sol".

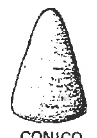
El arqueólogo José Imbelloni propone la siguiente hipótesis sobre la evolución del adobe: "Los primeros ladrillos fueron cónicos, después aparecieron los adobes cilindro-cónicos, luego los de forma semiesférica, posteriormente los dentiformes y finalmente los paralelepípedos *(fig. 147)*. Fue luego de muchos tanteos que la forma del adobe evolucionó en el curso de los siglos...".

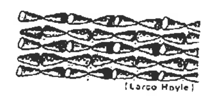
La forma cónica se encuentra en Perú en el lugar arqueológico de Cupisnique (1000 A. C.). La pirámide de Moxeq que tiene ocho niveles y base cuadrada de 165 x 170 mts., fué construida con este tipo de adobe. Larco Hoyle describe un aparejo posible: los ladrillos se colocan "punta contra punta" *(fig. 147)*.

La forma de pera, frecuente en Africa Occidental, se ha utilizado en la construcción de viviendas desde hace más de 5000 años; hoy todavía se encuentra en Togo, en el Norte de Nigeria: Zaria *(fig. 148)*.

Llamados "Tubali", los ladrillos se fabrican sin molde, con una mezcla de tierra y paja. Los muros tienen

un espesor de dos o tres ladrillos. En la primera hilada los tubalis se colocan sobre su base mayor y la hilada siguiente se coloca al revés, para continuar de esta manera.





CONICO





PIRIFORME





HEMISFERICO





DENTIFORME







PLANO-CONVEXO

FIGURA 147: DIFERENTES FORMAS DE ADOBES NO PARALELEPIPEDOS

FABRICACION DE LOS ADOBES

Antes de abordar los problemas técnicos de la fabricación del adobe es interesante ver el desarrollo histórico en las civilizaciones que lo han utilizado durante miles de años.

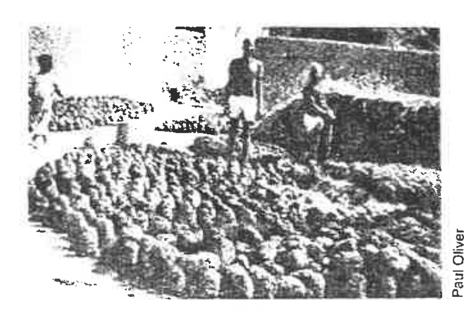


FIGURA 148: ADOBES EN FORMA DE PERA (NIGERIA)

FABRICACION DE ADOBE EN LA ANTIGUEDAD

Según un documento extraido del "Diccionario de la Biblia" de Vigoroux (1912), sabemos que el trabajo del adobe era más rápido y fácil que el de la piedra. Tenía la ventaja de utilizar mano de obra muy económica (prisioneros de guerra).

En Babilonia

Se tenía la materia prima a la mano, generalmente en el mismo sitio de la construcción; se procedía a amasar la tierra y a añadir el agua. Se pisaba con los pies esta mezcla, en grandes cubetas sin profundidad. Para dar más consistencia a esta tierra remojada, se añadía paja picada en pequeños trozos. La arcilla amasada se metía en moldes casi cuadrados, produciendo adobes de mayor tamaño que los que se hacían en Egipto. Sus lados medían entre 20 y 40 cms. por 5 a 10 cms. de espesor; la dimensión más utilizada fue la de 315 mms. de lado. Generalmente eran expuestos al sol, así que durante los meses de verano secaban rápidamente. El primer mes

del verano, el SIVAN, era llamado "el mes del ladrillo".

A veces, apenas medio secos, se les utilizaba, de manera que al amontonarlos, formaban una sola masa, en la cual no se distinguían los ladrillos sino los diversos tintes de las capas superpuestas. El ladrillo crudo, bien secado al sol en un clima tal, adquiere una gran solidez; sin embargo no resiste la acción prolongada del agua. A fin de hacerlo más resistente, se cocía una parte en hornos especiales. Y para que la cocción fuera más fácil, y el ladrillo secara completamente y endureciera sin calcinarse, se hacía más pequeño que el ladrillo crudo. Su color era diferente: en lugar del tono blanquecino o amarillo claro del ladrillo crudo, este tendía hacia el rojo oscuro. Ambos se marcaban en una esquina con el hombre del príncipe reinante: se imprimían sus nombres y títulos sobre una de las superficies todavía blandas, con una especie de sello... En las construcciones se empleaban las dos clases de ladrillos: más frecuentemente en Nínive que en Babilonia (cimientos y revestimiento de los muros/terreno húmedo/ lluvias torrenciales).

El pueblo no disponía sino de ladrillos crudos... Para pegarlos, se contentaban a veces. (por ejemplo los asirios), con humedecer las paredes de ladrillo crudo, lo cual sumado a la carga que soportaba, producía una adherencia suficiente.

Pero en Caldea, se empleaban diversos cementos: un simple mortero de arcilla para el interior de las casas con muros generalmente burdos, o un mortero de cal en las grandes edificaciones (en Birs-Nimroud), como también una mezcla de ceniza y cal (en Mugheir) donde aún se utiliza con el nombre de "Charour". Para lograr una solidez a toda prueba se tenía un cemento natural característico de Caldea: el betún o asfalto. Además, cañas colocadas entre las hiladas, a intervalos regulares, daban mayor solidez y cohesión a los muros. Se ha constatado más de una vez y Heródoto lo había anotado respecto a Babilonia:

"A medida, —dice—, que se cavaban las zanjas, se convertía la tierra en ladrillos y cuando se tenía una cantidad suficiente, se les hacía cocer dentro de los hornos. Enseguida, como mortero, se empleaba el betún caliente, y, cada treinta capas de ladrillos, se colocaban camas de cañas entrelazadas".

En Grecia

Allí los edificios públicos al igual que las construcciones privadas, en diferentes épocas, fueron construidas con ladrillos crudos, que representaban "la marca del hombre civilizado". En la arquitectura griega, la tierra jugó un papel importante como elemento decorativo o de construcción. Desde la Antigua Grecia, la técnica del adobe no cambió sustancialmente (escogencia de una buena tierra, humedecimiento, mezcla de paja cortada y amasado con los pies), Plinio afirmaba que dos atenienses (Euryalos e Hyperbios), habían sido los inventores de los ladrillos y de la construcción con tierra. Las murallas de los edi-

ficios militares eran construidas con adobe y recubiertas con piedras. Por ejemplo la muralla de la ciudad de Corinto y la del templo de Zeus y de Heracles en Patrás. Vitruvio cita igualmente las murallas de Atenas, el templo de Creso en Sardes... El distingue tres tipos de adobes.

El adobe lidio rectancular cuyas dimensiones eran 50 cms. de largo, 33 cms. de ancho y 8 cms. de espesor, o 45 cms. de largo, 26 cms. de ancho, 10 cms. de espesor, o 39 cms. de largo, 19 cms. de ancho y 10 cms. de espesor.

El adobe llamado "Pentadorom" (cuadrado), utilizado en los edificios públicos: 45x45x8 cms.

El adobe llamado "Tetradorom" cuadrado y utilizado en las construcciones privadas: 30x30x10 cms.

Cada uno de estos modelos tenía además molde para producir medios adobes. La forma cuadrada, preferida por los griegos, tenía un espesor más o menos constante: 8 a 10 cms.



FIGURA 149: LA REINA HATASU (1490/1469 A.C.) MOLDEANDO UN ADOBE

En Egipto

Los bajorrelieves egipcios nos muestran que el ladrillo crudo era co-

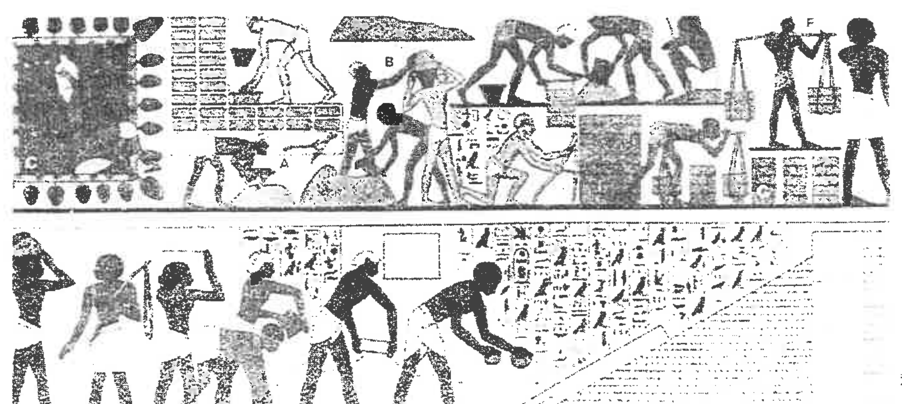


FIGURA 150: ESCENA DE LA TUMBA DE REKMARA. ESCLAVOS MOLDEANDO ADOBES

rrientemente utilizado. Numerosas escenas de los de Fellah (campesinos), así como la del Faraón y su corte fueron representadas en los muros de las tumbas. Por ejemplo, el bajorrelieve *(fig. 149)* en el cual la reina Hatasu (1490-1469 A.C.) prepara un ladrillo de adobe, muestra que el molde no era muy diferente del utilizado actualmente.

Sobre la tumba de Rekmara en Gourna, *(fig. 150)*, una escena representa algunos cautivos moldeando adobes para construir el templo de Ammon en Tebas, cumpliendo las siguientes etapas:

- Picar la tierra
- Transportarla al sitio de trabajo
- Tomar agua para remojarla
- Moldear los ladrillos
- Disponerlos ordenadamente
- Transportarlos con una especie de balancín después del primer secado.
- Colocarlos unos sobre otros en pilas regulares y separadas de manera que permitieran la circulación de aire para acelerar el secado.
- construir con piedras y ladrillos la bodega del templo de Ammon.

Los extranjeros, que se distinguen fácilmente por su barba y su color, laboran junto a los egipcios y hacen la parte más dura del trabajo. Los capataces con bastones, supervisan, vigilan a los unos y a los otros.

La Biblia (Exodo), nos ilustra sobre la utilización de la paja en la fabricación de ladrillos: El Faraón dijo: "No les daréis más paja, como antes, a este pueblo para hacer sus ladrillos; que la busquen ellos mismos.

"Y no dejaréis de exigirles la misma cantidad de adobes que fabricaban antes, sin disminuir nada, porque si no tienen nada que hacer se dirán unos a otros: vamos a rendir sacrificio a nuestro dios".

El intendente dijo entonces a los hebreos que por orden del Faraón no les daría más paja. "Id, buscadla donde podais encontrarla, pero no disminuirán vuestros trabajos. Y el pueblo se repartió en todo Egipto, a fin de recolectar la paja".

Se podrían encontrar muchas más citas al respecto: Samuel 12-31, Judith 5-11, Esaú 9-9, Ezequiel 4-1...). No obstante la paja no se emplea siempre: los muros de Pithom fueron construidos con grandes ladrillos crudos (44x24x12 cms.) y algunos contenían paja o fragmentos de cañas, otros solamente limos.

En el curso de un viaje a Luxor en 1978, pudimos observar que los obreros trabajan actualmente el ladrillo crudo exactamente de la misma manera como lo muestran los frescos de la época faraónica. (Vigoroux hizo la misma anotación en una carta que envió a Samanoud el 18 de marzo de 1894).

Una semana antes de la fabricación, la tierra es arada e inundada. Se reparte en toda el área paja cortada, y se le hace penetrar en la tierra pisoteándola. Luego que la paja absorbe el agua "levanta" la tierra. Un obrero lleva agua para amasar esta mezcla y hacer una plasta blanda. Mete barro dentro de unas bol-



FIGURA 153: VISTA DE UNA FABRICA DE ADOBE FRENTE A LUXOR EL AGUA DEL NILO SE CONDUCE A TRAVES DE UN CANAL DE IRRIGACION SE VE EL AREA DE PREPARACION DE LA TIERRA, DE MOLDEADO, DE SECADO Y DE ALMACENAMIENTO DE LOS LADRILLOS



FIGURA 154: LA TIERRA SE TRANSPORTA CON LA AYUDA DE BOLSAS TRENZADAS CON HOJAS DE PALMERA



FIGURA 155: LA TIERRA SE AMASA EN FORMA DE BOLA



FIGURA 156: LA BOLA SE HUMEDECE ANTES DE SER LANZADA CONTRA EL MOLDE



FIGURA 157: LA SUPERFICIE SE ALISA CON LA MANO

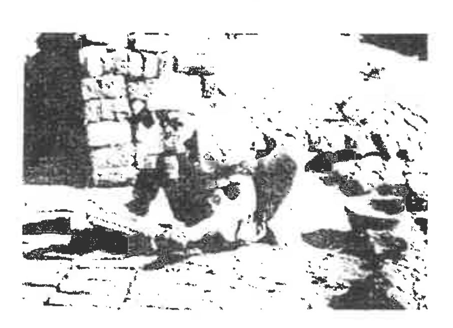


FIGURA 158: SE RETIRA EL MOLDE PARA COMENZAR OTRO LADRILLO

sas dobles rectangulares trenzadas con hojas de palmera y recubiertas de paja recortada. Cada obrero lleva dos, una en cada mano. Basta con soltar una punta para que todo el barro se derrame.

El molde de forma rectangular se coloca sobre un área muy plana. Está hecho con cuatro tablas de madera dura, una de las cuales se prolonga formando el mango. El obrero toma una bola de pasta húmeda y después de haber hecho un rollo con la paja, la lanza contra el molde (moldeado "al balón"). Después alisa la superficie y levanta el molde, dejando el adobe en el sitio en que acaba de fabricarlo. Luego hace otro al lado, ordenándolo, como un damero. Los ladrillos se dejan secar al sol y se utilizan tal cual o se les cuece en hornos para volverlos más resistentes. Un moldeador experimentado fabrica 10 ladrillos en 2 minutos; en Egipto 1.000 ladrillos de estos costaban en 1978, 23 FF.

LA ELECCION DE LA TIERRA

Es más fácil explotar una cantera cuyo suelo no contenga piedras gruesas, raíces ni tierra vegetal. Los suelos constituidos por arena, limo y arcilla, son los más aptos para la fabricación de adobe, de acuerdo a las siguientes proporciones:

Arena: 55 a 75%
Limos: 10 a 28%
Arcilla: 15 a 18%
Contenido en materia orgánica inferior al 3%.

Si se estabiliza la tierra con asfalto el contenido de sales alcalinas no debe sopbrepasar el 0.2% si nó los ladrillos se desmoronarían al cabo del tiempo. (V. cap. 7 Estabilización). Se pueden presentar varios casos:

• *Que haya demasiada arcilla:* se producirán fisuras en los ladrillos durante el secado. En efecto, la inestabilidad de su volumen en presencia del agua explica el fenómeno y contribuye a volver los ladrillos poco resistentes a la erosión.

• *Que haya demasiada arena:* los granos no podrán ser bien ligados. La cohesión del conjunto será demasiado débil y los ladrillos se disgregarán.

• *Que haya demasiada materia orgánica:* el efecto de su descomposición se traduce en una inestabilidad, con el tiempo, de las características del material, porosidad y mala resistencia al agua. Estas proporciones pueden ser establecidas en laboratorio o evaluadas sobre el terreno por medio de métodos simples.

Una prueba rápida permite verificar si la tierra conviene o nó para la fabricación del adobe *(fig. 160)*. Consiste en hacer con la palma de la mano un "rollo" de tierra plástica (no debe pegarse a la mano). Se le aplasta con precaución entre los dedos para obtener una "cinta" lo más largo posible cuya medida al romperse nos permitirá conocer aproximadamente las características de la muestra:

— si se rompe entre 5 y 15 cms., la tierra es buena para fabricar adobes;
— si se rompe antes de 5 cms.: es necesario agregar arcilla;
— si se rompe después de 15 cms. es necesario añadir arena.

Aquí presentamos las diferentes etapas de la producción de ladrillos

de adobe, así como la manera como se han resuelto los problemas dentro de un marco de producción artesanal o semi-industrializada (utilización de máquinas tipo "Adobe master").

Extracción

La tierra para la fabricación de adobe puede ser tomada de una o varias canteras para ser mezclada. Deberán buscarse lo más cercanas posible al lugar de la construcción. Antes es necesario evaluar la capacidad, la profundidad y la homogeneidad de las mismas. La capa de tierra vegetal se pone aparte para su eventual reutilización. La extracción se hace manualmente, con una pica o un azadón, o con ayuda de palas mecánicas. El volumen de tierra extraída debe exceder en un 30% al de los ladrillos a fabricar.

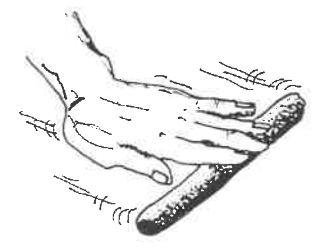
Tamizado

Los tamices deben tener mallas de 6 a 12 mms. y se destinarán los más finos a la fabricación de ladrillos estabilizados. El tamizado se hace generalmente en el mismo sitio de la extracción (se coloca la carretilla debajo del tamiz para evitar un esfuerzo adicional). Un hombre tamiza 4 m^3 de tierra al día.

Preparación de la tierra

La hidratación previa tradicional que se llama "podrido", tiene por objeto saturar de agua las partículas arcillosas y deshacer todos los grumos de tierra. Para fabricar los adobes se deja reposar el suelo remojado durante 24 horas, lo cual

– Hacer un cigarrillo de tierra



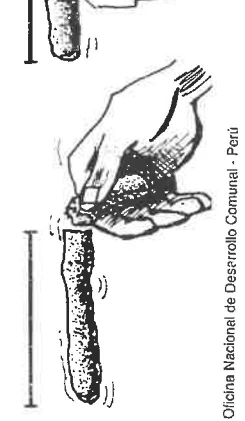
– Se aplasta formando una cinta lo más larga posible

– Si se rompe:



Entre 5 y 15 cms. tierra buena

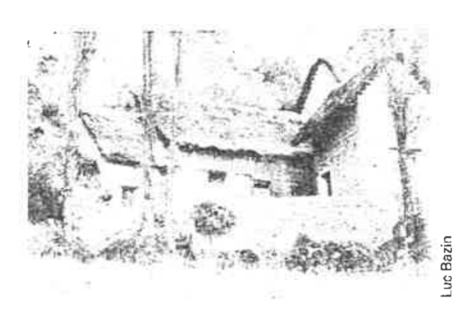
Antes de 5 cms. demasiado arena



Después de 15 cms. demasiado arcillosa

Oficina Nacional de Desarrollo Comunal - Perú

FIGURA 160: PRUEBA PARA VERIFICAR SI UNA TIERRA ES APTA PARA LA FABRICACION DE ADOBE



Luc Bazin

FIGURA 161: LA CUBIERTA EN PAJA DE ICHU, SIRVE TAMBIEN PARA FABRICAR EL ADOBE (PERU)



FIGURA 162: BARRIO DE LOS ARTESANOS. NUEVO GOURNA (EGIPTO)

facilita la mezcla, mejora la calidad de los ladrillos y disminuye las fisuras producidas por la contracción durante el secado. Sobre una superficie plana, cerca del lugar de fabricación de los ladrillos, se forma un montón de tierra en el que se cava un cráter, el cual se llena con agua. Se trata de obtener una mezcla plástica y homogénea. Se puede igualmente pisar con los pies dentro de una fosa. Las mezcladoras facilitan este trabajo, un tanto fatigante.

La cantidad de agua necesaria es considerable, por tanto se debe prever al escoger el área de fabricación, la proximidad de una fuente.

Teniendo en cuenta que se necesita 1/3 de volumen de agua dentro de la mezcla, una producción diaria de 500 ladrillos de 30x15x10 cms. (4 personas) requiere 650 lts. de agua.

Estabilización

Generalmente se agregan a la mezcla fibras vegetales o animales. En Perú se utiliza una gramínea que crece en los altiplanos (Ichu-Fesuca). En Trinidad, se utiliza un vegetal que tiene una fibra durable y resistente (Sporobulus. Indicus) cortado en trozos, en Africa, la cascarilla de millo. En Irán, cascarilla de arroz, pequeñas hojas de palmera, así como pelos de cabra y de camello. En México se usan las agujas de pino. Las fibras representan del 20 al 30% del volumen de los ladrillos (30 grs. de fibra para un ladrillo de 23x11x17 cms.). Primero se mezcla el agua con la tierra y después se agregan las fibras.

En Australia, Middleton indica que se necesitan entre 56 y 67 kgs. de paja para fabricar 1.000 ladrillos de 45x30x10 cms. (4 a 5 kg/m^3 de ladrillo).

En Egipto, para la construcción de Gourna, Hassan Fathy empleó 20 kg. de paja por cada 660 ladrillos de 23x17x7 cms., los cuales corresponden a un m^3 de ladrillo.

Se acostumbra mezclar las fibras vegetales con el barro y se deja macerar la mezcla el tiempo suficiente para que se descompongan los materiales no fibrosos.

En Estados Unidos se han realizado experimentos a fin de determinar el grado de descomposición de las fibras en los ladrillos de adobe. Se han encontrado ladrillos de más de 100 años que contienen fibras secas intactas, de las cuales se ha podido incluso reconocer la especie. Además de fibras, se pueden utilizar estabilizantes convencionales: cemento, cal, asfalto. Este último ha sido objeto de investigaciones particulares sobre el adobe (V. cap. 7 Estabilización). El éxito de la estabilización depende de un buen mezclado. Los estabilizantes en polvo, se mezclan al suelo seco, las emulsiones de asfalto, en cambio, se incorporan a la tierra ya mojada.

Método manual para el mezclado del asfalto:

1. Medir un volumen de tierra seca. Por ejemplo: 50 carretilladas.
2. Añadir el agua y dejar reposar durante 24 horas.
3. Tomar 4 carretilladas de tierra y añadir más agua, después unir hasta obtener una pasta, mezclando muy bien.
4. Vaciar todo el asfalto en emulsión dentro de esta pasta y mezclar bien.
5. Mezclar con el resto de la tierra y batir enérgicamente.

Una buena mezcla se reconoce por su color uniforme. Cuando se emplean fibras vegetales, se deben añadir después de la mezcla del asfalto; si no este último es absorbido por las fibras.

LOS MOLDES
EL MOLDEADO Y EL DESMOLDE

Los moldes son generalmente de madera, aunque pueden también fabricarse en metal *(fig. 163)*. Se deben reforzar los ángulos por medio de escuadras o cualquier otro sistema. Una superficie muy lisa en el interior, (en fórmica, por ejemplo), evita la adherencia de la tierra al molde, facilitando la limpieza y da un bello acabado a los ladrillos. Las dimensiones de los ladrillos son muy variables, y dependen sobretodo de las costumbres locales. Si son pequeños se facilita su manipulación, pero la construcción será

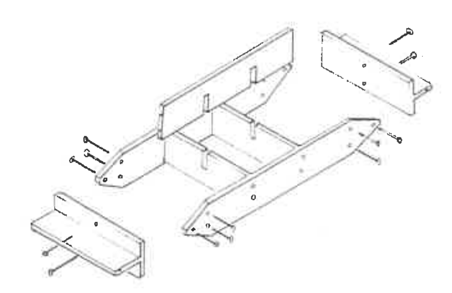
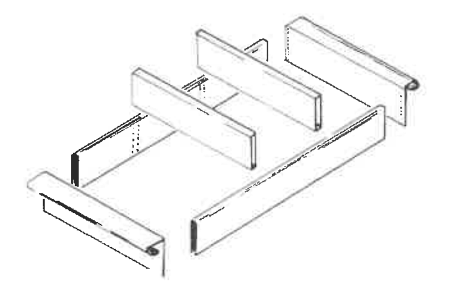


FIGURA 163: MOLDE EN MADERA PARA SEIS BLOQUES (14 X 29 X 9 cms)



MOLDE EN LAMINA METALICA PARA TRES BLOQUES (19 X 39 X 9 cms)

más lenta y requerirá más mortero. Por el contrario, los ladrillos grandes producirán muros más sólidos y rápidos de construir, pero serán más pesados y lentos para el secado, además se tienden a fisurar con mayor facilidad. Una persona sola no puede manipular un molde de más de 80 cms. de longitud. Existen numerosos modelos que permiten moldear varios ladrillos a la vez, particularmente en las empresas industriales de Nuevo México (Estados Unidos), donde existen moldes que tienen hasta 50 compartimientos, que elevan considerablemente el rendimiento en la producción.

Los ladrillos son cuadrados o rectangulares. Si tienen el mismo ancho que el muro, estos últimos son más fáciles de utilizar con la condición de que se prevea la producción de medios ladrillos para desplazar las juntas. Los ladrillos rectangulares requieren aparejos más complejos, y sus dimensiones deben respetar la proporción siguiente: largo = (2xancho) + espesor de la junta.

Moldeado

Esta operación puede efectuarse de dos maneras:

— **Manualmente**: la tierra tiene una consistencia plástica y el moldeado se hace por amasamiento.

— **Mecánicamente**: la tierra es líquida y el moldeado se hace por vaciado.

En el caso de que se haga un moldeado manual, se verifica el contenido correcto de agua, por medio de un método muy simple, que consiste en trazar un surco (en forma de "V") de 8 cms. de profundidad en la mezcla, con la ayuda de un palo tallado en forma de cuña. Este debe dejar un trazo claro. Las paredes del surco se inflan tendiendo a unirse pero sin lograrlo *(fig. 166)*.



Control de la consistencia

FIGURA 166

a) Moldeado "al balón": método llamado "golpe de agua". Dentro de un molde colocado sobre el piso, se vierten una o varias bolas de tierra, comenzando por los ángulos. Se comprime con las manos para expulsar el aire, y se alisa la superficie, eliminando el exceso de barro. Con un movimiento seco realizado verticalmente, se extrae el molde. El efecto de compactación logrado al lanzar las bolas dentro del molde forma una película de agua lubricante entre el molde y la tierra y facilita el desmolde. Los ladrillos quedan en el sitio, sobre un área previamente cubierta con arena, paja o papel. Después de hacer cada ladrillo se lava el molde con bastante agua. Para mantener una superficie lisa, el molde debe estar siempre húmedo. La utiliza-

ción de un molde sin fondo, acelera la producción, pero produce rayones sobre los lados de los ladrillos.

En la República Democrática Alemana, los ladrillos se moldean sobre una mesa *(fig. 167)*. Se utilizan pequeños moldes sin fondo. Una vez llenos se les pone de canto y se les transporta hasta el área de secado donde se desmoldan.

INVENTARIO DE MOLDES DE ADOBES

(FIGURA 165)

No.	MOLDE	PAIS	Lxlxh (cms)	FUENTE
1	A	México	40x30x8	Sociedad de Arquitectos
2	A	México	40x20x8	Mejicanos
3	B	EUA	48x19x11	Making the adobe brick
4	C	Perú	50x24x16	Construyendo con adobe
5	C	Perű	40x19x12	
6	D-E	Australia	61x30x15	Earth wall construction
7			46x30x13	
8			46x23x13	
9			46x30x10	
10			46x23x10	
11			41x20x10	
12	f	Egipto	44x24x12	Naissance de l'urbanisme
13			38x18x14	dans la vallèe du Nil,
14			22x14x11	Dictinaire de la Bible
15	G	Túnez	20x10x5	Cahier des Arts et
16			20x10x4	Techniques d'Afrique du Nord.
17			20x10x3	
18	H	Francia	40x30x55	Región de Toulouse.
19			40x15x5	Tesis de arquitectura de N. Sarrazin
20			30x14x8	
21			35x27x5	
22	I	EUA	53x25x9	Adobe news No. 14
23	J	EUA		The manufacture of asphalt Emulsion stabilized soil bricks.
24	K			Adobe news No. 10
25	L			Adobe Build it yourself
26	M-N	Alemania	38x25x12	Der lehmbau, sein praktische
27			25x12x12	"Anwendung"
28			25x12x6,5	
29	O		40x14x9	Manuel de construction
30	P	Egipto	22x14x11	rurale
31			38x18x14	
32	Q-R	Perű	38x38x8	Mejores viviendas de adobe
33	S-T		28x28x8	

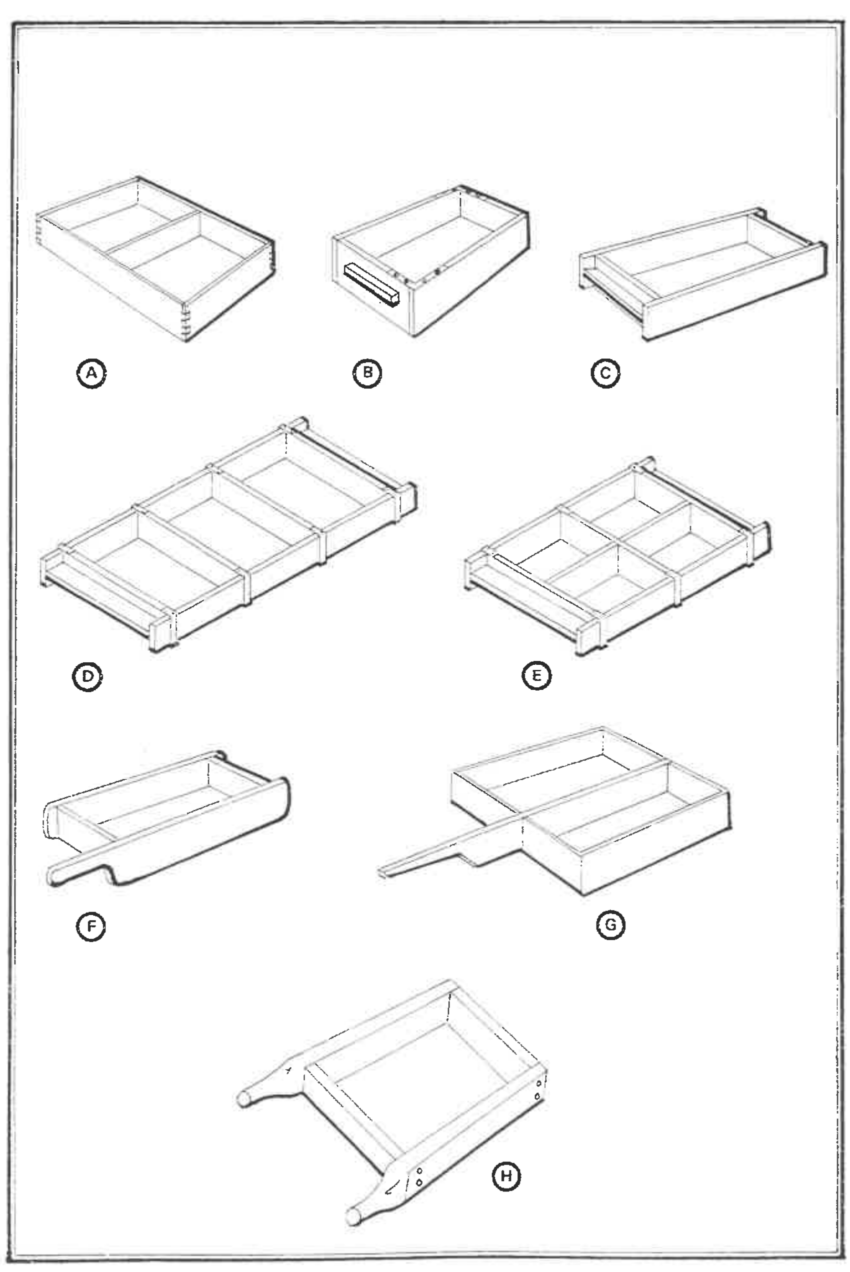


FIGURA 165: PEQUEÑO INVENTARIO
DE MOLDES PARA ADOBE

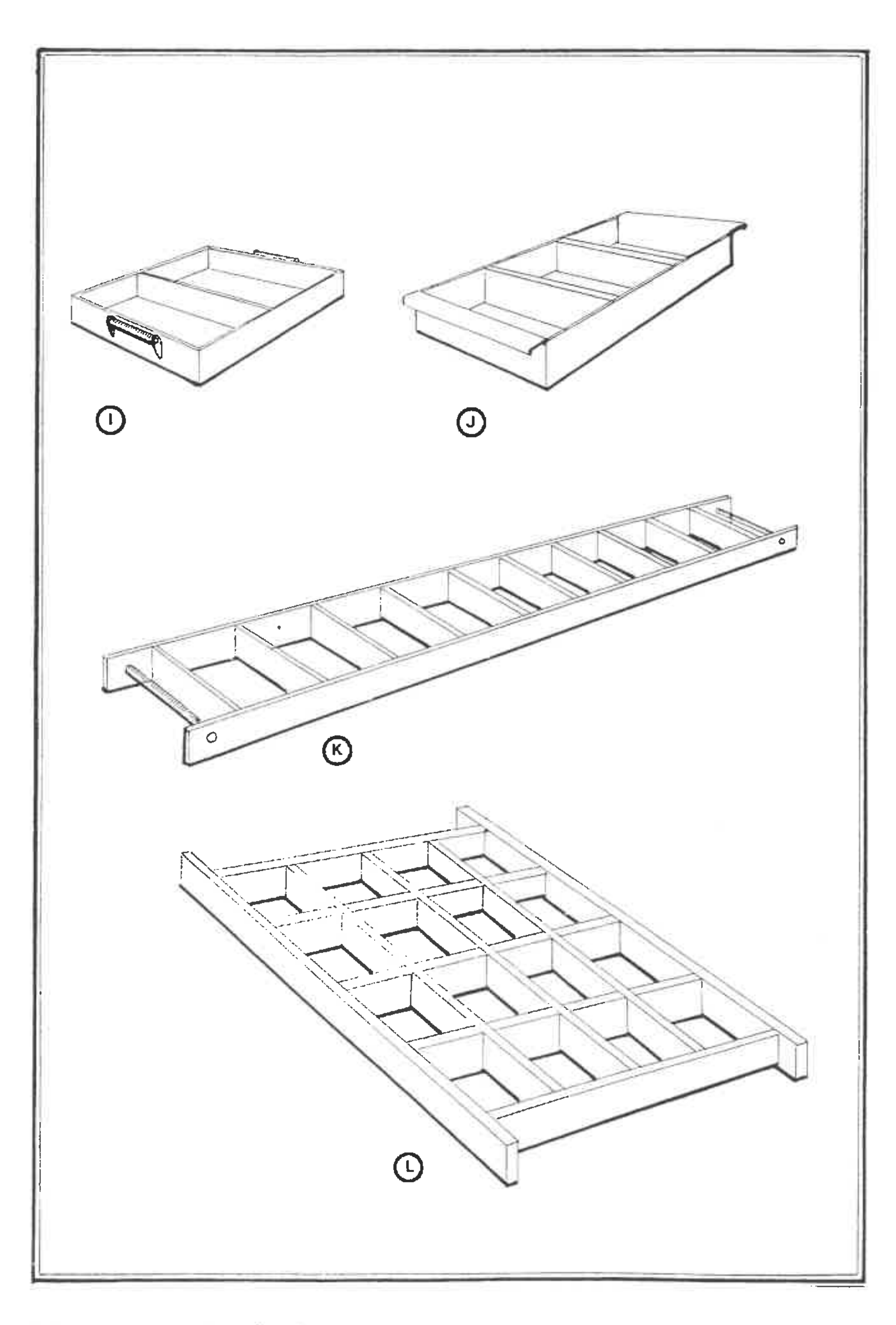


FIGURA 165: (CONTINUACION)

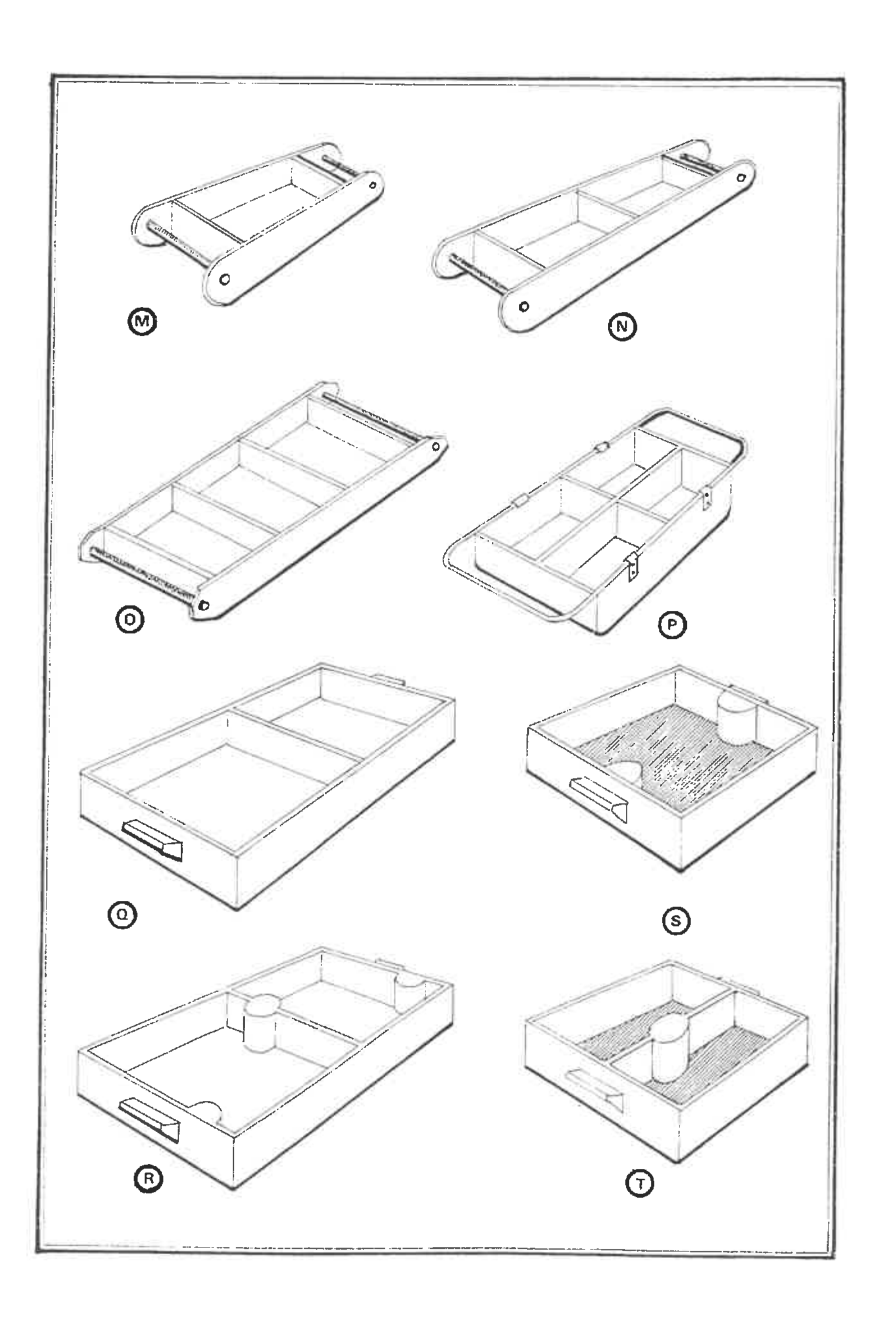


FIGURA 165: (CONTINUACION)

b) Utilización de un molde con fondo: método llamado "Golpe de arena".

En este caso el molde se humedece, luego de lo cual se espolvorea un poco de arena lo cual facilitará el desmolde de los ladrillos. Se toma un amasijo de tierra de tamaño suficiente para llenar el molde de un solo golpe. Se lanza dentro del molde y se raspa el excedente. Se desmolda con una sacudida. Para facilitar el desmolde se usan los huecos en el fondo, (ranuras), o se utiliza un fondo fijo. Los ladrillos producidos mediante este sistema son más regulares y resistentes. Secan más rápido puesto que su contenido de agua es inferior al de aquellos que se moldean por "golpe de agua".

En la República Democrática Alemana, se inventaron una mesa de moldeado equipada con un sistema de eyección del ladrillo *(fig. 168)*. Se coloca una tabla en el fondo del molde, después se lanza la tierra al interior, se corta y se aplana. El ladrillo se saca mecánicamente con la ayuda de un pedal, que empuja el fondo movible del molde. La tabla sirve para transportar el ladrillo hacia el área de secado.


Pollack, Richter

FIGURA 167: MOLDEADO "AL BALON" SOBRE UNA MESA (ALEMANIA DEL ESTE)

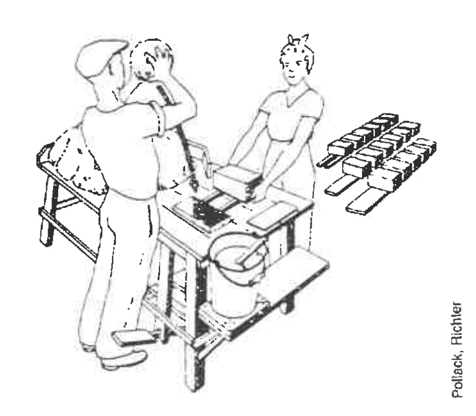

Pollack, Richter

FIGURA 168: TABLA DE MOLDEO UTILIZADA EN ALEMANIA UN PEDAL PERMITE EL DESMOLDE

Secado y almacenamiento
(fig. 169)

Después del desmolde se dejan secar los ladrillos, durante por lo menos tres días, sobre un área de secamiento limpia, nivelada y recubierta de arena fina, y capaz de albergar la producción de cuatro días. Al cabo de tres a cinco días, se voltean


Françoise du Boisberranger

FIGURA 169: FABRICACION DE ADOBE EN MARRUECOS

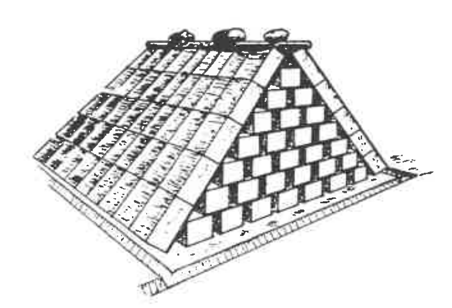


FIGURA 170: ALMACENAMIENTO DE LADRILLOS CON DRENAJE (ALEMANIA ORIENTAL)

los ladrillos de canto, con el fin de acelerar el secado. Para evitar las fisuras, se dejan a la sombra los dos primeros días (período de contracción del ladrillo). Se les protege de la lluvia (los cuatro primeros días son suficientes para el adobe estabilizado). Se debe prever entre tres semanas y un mes para el secado. El porcentaje de contracción no debe sobrepasar el 5%. Si esto no ocurre, se debe dejar reposar la tierra durante más tiempo o verificar si el área de secado contiene sales en cuyo caso se debe aumentar la capa de arena.

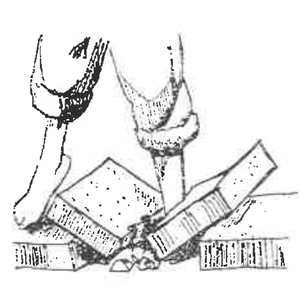
Moldeado mecánico

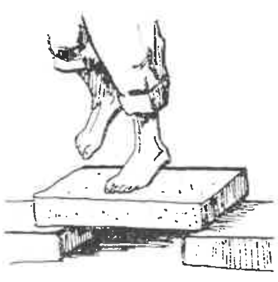
Existen máquinas que permiten el moldeado automático de ladrillos adobe. Este tipo de maquinaria ha sido perfeccionado en los EE.UU. Se trata de aparatos equipados con un gran molde, que puede producir 50 ladrillos cada vez. Sobre el molde se encuentra una tolva móvil que, cargada de barro, directamente por una "hormigonera", llena todas las alveolas del molde vaciando la tierra. Las máquinas más grandes





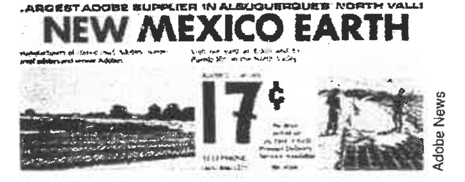
FIGURA 172: MAQUINA "ADOBE MASTER". PERMITE A LOS FABRICANTES TRABAJAR EN EL LUGAR DE LA CONSTRUCCION Y EVITA EL COSTO DE TRANSPORTE' PRODUCCION =767 LADRILLOS DE 35x25, 5x10CMS/HORA O 1.259 LADRILLOS E 35,3x10x10 CMS/HORA (NUEVO MEXICO)





Oficina Nacional de Desarrollo Comunal - Perú

FIGURA 171: ENSAYO DE RESISTENCIA. SECOS, LOS ADOBES DEBEN RESISTIR EL PESO DE UN HOMBRE DURANTE UN MINUTO



Adobe News

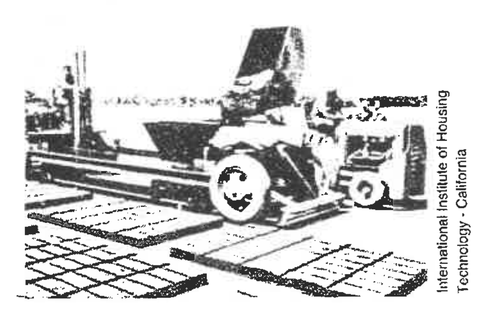
FIGURA 173: FABRICANTE DE ADOBE EN NUEVO MEXICO (EE.UU.)

son capaces de producir 2.250 ladrillos por hora. Un molde automático más sencillo, el "Adobe Master" *(fig. 172)* produce 1.200 ladrillos por hora.

Producción en gran escala
(fig. 174)

En los Estados Unidos se encuentran fábricas que producen hasta 18.000 adobes al día (California, Nuevo méxico). Este tipo de producción exige un alto costo de inversión inicial y áreas de secamiento amplias. Es necesario también disponer de áreas de almacenamiento, capaces de albergar la producción de varios meses.

La tierra extraída, tamizada y molida mecánicamente, se lleva en bandas transportadoras hasta el sitio de almacenamiento. La preparación de la pasta se hace dentro de una mezcladora horizontal que dosifica el agua y el cemento. La mezcla se conduce a la máquina de moldear en pequeños "dumpers". La máquina esta montada sobre llantas y es de autopropulsión. El número de ladrillos que se moldea cada vez, depende de sus dimensiones, las divisiones de los alveolos, son intercambiables. Al tiempo que avanza, extiende una tira de papel sobre el piso, lo cual evita que se adhieran los ladrillos a éste y facilita la limpieza después del secado. El molde se baja hasta el suelo en cada etapa y se llena automáticamente gracias a la tolva. Después de lo cual es levantado y limpiado con un chorro de agua, antes de comenzar nuevamente la operación.



International Institute of Housing Technology - California

FIGURA 174: MAQUINA DE LA "HANS SUMPF COMPANY" EN FRESNO, (CALIFORNIA)

Después de uno o dos días de "curado", los ladrillos se voltean de costado para acelerar el secamiento, proceso que dura alrededor de 30 días. Una fábrica de estas, produce más de un millón de ladrillos por año.

Otros métodos

Para aumentar la producción de adobes, se han propuesto otros sistemas: un procedimiento manual cortando los adobes y otro mecánico por medio de extrusión.

a) Adobe "cortado"
Consiste en vaciar la tierra dentro de un marco, cuyo espesor sea igual al de los ladrillos y sus otras dimensiones sean múltiplos de la longitud y el ancho de los ladrillos deseados.

Una vez lleno el molde, se aplana la superficie y se recorta esta masa con un cuchillo. Un aficionado realizó la experiencia en Arizona *(fig. 176)*. Una vez mezclada la tierra se vació dentro de un marco cuadrado, colocado sobre una base de 2,50x2,50 mts. Dos o tres horas después del vaciado se levantó el marco y con ayuda de un hilo de acero templado, se recortaron los ladrillos. No fue necesario cortarlos hasta el fondo, porque por efectos de la contracción, ellos se acabaron de separar. Se obtuvieron 70 ladrillos de 35x25x10 cms. Dos personas pueden producir de esta manera, entre 300 y 400 adobes por día.

b) el adobe "extrusado"
Se puede emplear con algunas modificaciones, el material utilizado en las ladrilleras. La tierra mezclada se hace pasar por una máquina extrusadora al vacío. De allí sale en forma de barra de sección rectangular (el ancho y espesor correspondientes a las dimensiones de los ladrillos que se quieren producir). Gracias a un dispositivo especial, la barra se corta en las longitudes deseadas. Este procedimiento ha sido utilizado en India (Delhi) para fabricar adobes estabilizados con asfalto.

ELEVACION DE LOS MUROS

La construcción con ladrillo crudo, obedece a algunas leyes generales,

© Copyright 1978
The Adobe News, Inc.
A New Mexico Corporation

Adobe Today is a product of The Adobe News, Inc., a New Mexico Corporation. The publication appears approximately once every two months. Address for all matters is: Adobe Today, P.O. Box 702, Los Lunas, NM 87031 or telephone (505) 864-2717 Contributing authors opinions do not always reflect those of the Adobe Today staff and the corporation cannot guarantee the claims made by advertisers in Adobe Today. Permission should be requested in writing regarding the reproduction of any material herein, except authors retaining their copyrights.

SUBSCRIPTIONS are $9.50 for 6 issues in the United States and Mexico. Libraries and subscription agencies must order for two years at a time. OVERSEAS subscriptions or to other countries are $18.00 per six issues. Issues are sent airmail to all countries other than U.S.

Mailing in U.S. is by a third class bulk mail permit or regular third class mail. Subscribers should send address changes at least four weeks prior to their move.

Adobe News

FIGURA 175: "ADOBE NEWS". PUBLICACION MENSUAL ESPECIALIZADA EN LA CONSTRUCCION DE ADOBES Y CASAS SOLARES

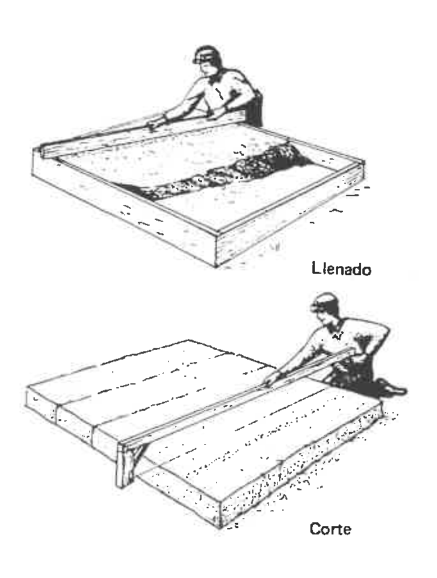


FIGURA 176: ADOBE CORTADO

determinadas por la experiencia, que es bueno conocer, tanto a nivel de la concepción, como de la construcción misma. Así, la longitud máxima entre dos ángulos no debe ser mayor a 6 mts., los muros más largos deberán ser reforzados por muros divisorios, una armadura o contrafuertes cada 5 mts. Los vanos no deben ser mayores a 1/3 de la superficie total del muro; su ancho máximo es de 1,2 mts. y se evita localizarlos a menos de un mt. del ángulo para no debilitar este último. En resumen, las porciones de muro comprendidas entre dos ángulos deben tener las siguientes proporciones: El espesor mínimo debe ser igual a 1/8 de la altura y a $1 \frac{1}{2}$ de la longitud del muro.

Los morteros

Para las juntas se utiliza un mortero con la misma composición o ligeramente más resistente que la de los adobes. No debe contener gravilla ni paja; la debe ser tierra tamizada en malla de 3 mms.

Aquí presentamos *(fig. 178)* los morteros más comunes. Los morteros de cal no son recomendables para pegar ladrillos estabilizados con asfalto. Las juntas tienen un espesor variable entre 1,5 y 2,5 cms. Si son demasiado gruesas debilitan la resistencia del muro. El asentamiento de las juntas bajo la acción de las cargas, provoca una contracción vertical del muro de aproximadamente 3 cms. por cada 3 mts; esto se debe tener en cuenta para la colocación de los marcos de las puertas y ventanas. Los muros no estabilizados generalmente se deben pañetar. Las juntas del muro se deben raspar para que sirvan de anclaje al pañete. Los ladrillos estabilizados no tienen necesidad de protección exterior y sus juntas se limpian para darle un mejor aspecto al muro. La cantidad de mortero se da en función de la dimensión de los ladrillos. Para adobes de 40x19x10 cms. se utiliza un volumen de mortero igual a 1/5 del volumen del muro. Esta fórmula tiene en cuenta el volumen de mortero utilizado entre las juntas así como el desperdicio durante la construcción.

Aparejos de los muros

Los ladrillos se colocan en hiladas continuas, de manera que la construcción avance regularmente sobre toda la superficie *(fig. 179)*. De esta manera, se reparten los esfuerzos a todo lo largo de los cimientos. Para evitar el asentamiento de las juntas frescas, la altura de la construcción no debe sobrepasar de un metro al día.

En la mampostería de adobe se pueden utilizar los aparejos clásicos del ladrillo cocido. Al igual que en estos, se deben respetar dos reglas principales: evitar la superposición de las juntas verticales en hiladas continuas (sablazo); y unir sólidamente los ladrillos en los ángulos. Existen aparejos especiales para los ladrillos rectangulares y para los ladrillos cuadrados *(fig. 180-181-182)*

Cuando se emplea un mortero de cemento, es importante humedecer

MORTEROS	PROPORCIONES DE LA MEZCA EN LA OBRA 1 carretilla x 60 litros= 17 palas	OBSERVA CIONES
Arena Cal 300 kg par m³	+ Cal 40 kg	Mampostería clásica
Tierra Asfalto (cut back) 2%	+	Resistencia suficiente pero adherencia mediocre
Tierra Cemento 225 kg par m³ Asfalto (cut back) 1%	3/4 + Cemto. 50 kg +	
Arena Cemento 400 kg par m³ Asfalto (emulsión) 3,3%	+ Cemto. 50 kg +	

FIGURA 178: DIFERENTES MORTEROS

con agua la superficie de los ladrillos antes de colocarlos, a fin de impedir que "roben" el agua del mortero necesaria para el fragüe del cemento. Por el contrario, los ladrillos estabilizados con asfalto, no absorben prácticamente agua, y por lo tanto es inútil mojarlos.

Se necesitan alrededor de 4.000 adobes (120 ton.) para los muros de una casa de 150 m². Un hombre coloca por día de 2,4 a 2,8 m³ de ladrillos de 40x19x10 cms. Esto representa, para muros de 20 cms. de espesor, 15 a 17 m² y si se trata de muros de 40 cms. de espesor, de 8 a 9 m².

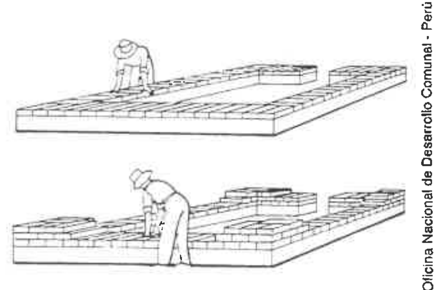
Un equipo compuesto por tres personas puede distribuirse el trabajo de la siguiente manera:

—Una persona lleva el mortero hasta el muro.

— La segunda persona lleva los ladrillos y los talla según sea necesario:

— La tercera los coloca.

Eventualmente una cuarta persona mezcla el mortero *(fig. 185)*.



Oficina Nacional de Desarrollo Comunal - Perú

FIGURA 179: EL MURO DEBE SER CONSTRUIDO UNIFORMEMENTE EN TODA LA LONGITUD

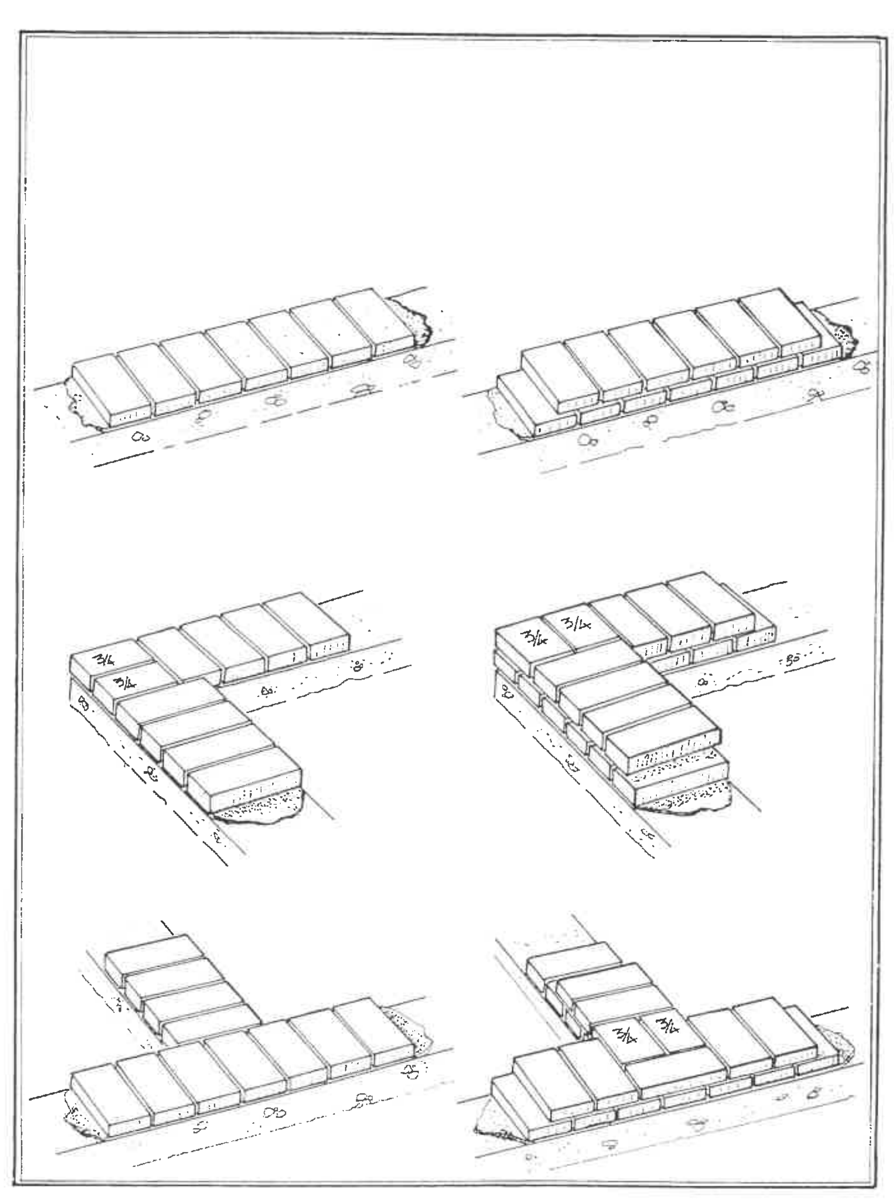


FIGURA 180: APAREJOS CON LADRILLOS RECTANGULARES

Oficina Nacional de Desarrollo Comunal - Perú

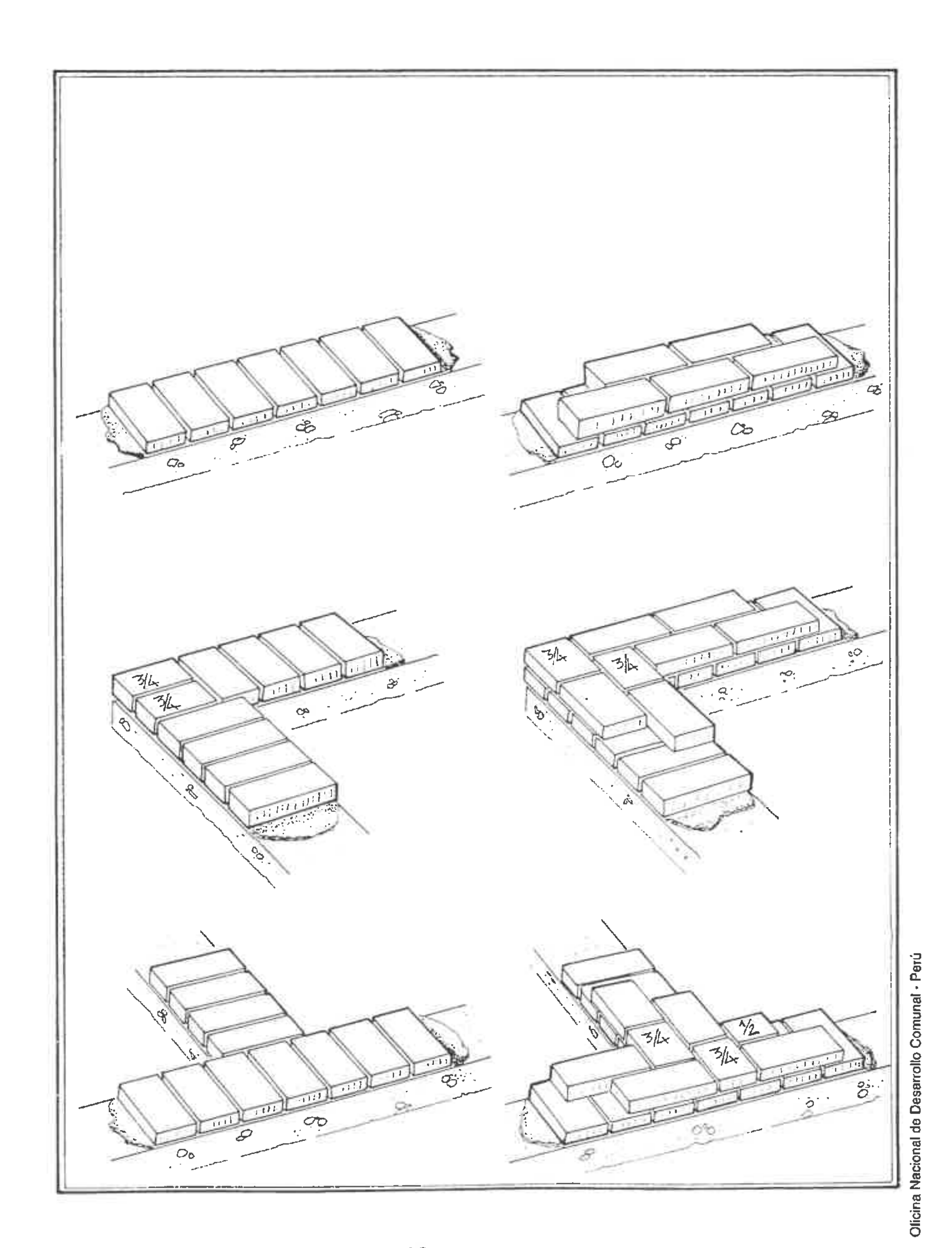


FIGURA 181: APAREJOS CON LADRILLOS RECTANGULARES

Oficina Nacional de Desarrollo Comunal · Perú

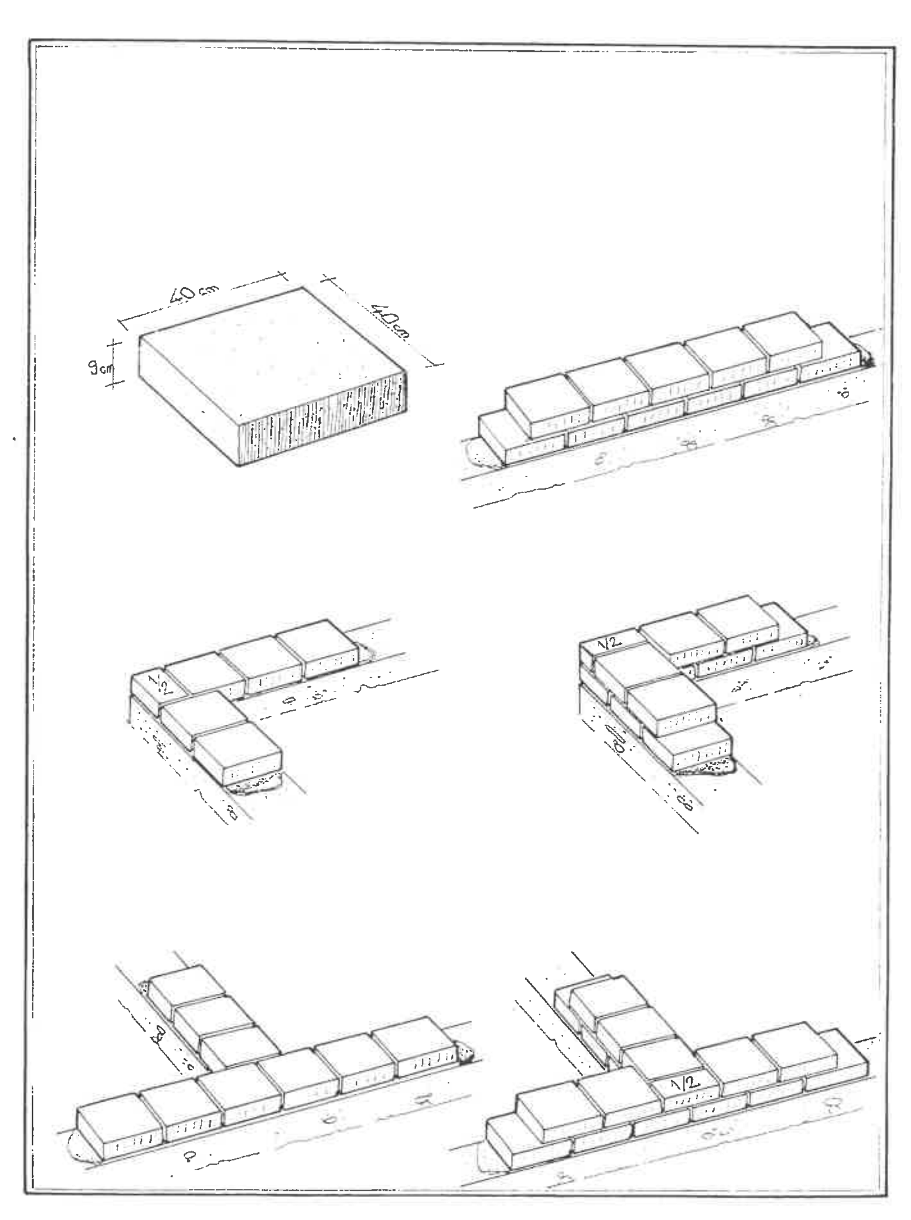


FIGURA 182: APAREJOS CON LADRILLOS CUADRADOS

Se pueden decorar los muros jugando con los aparejos. La decoración de las fachadas es muy corriente en Irán *(fig. 186)*, en Nubia *(fig. 187)*, Marruecos y Yemen.

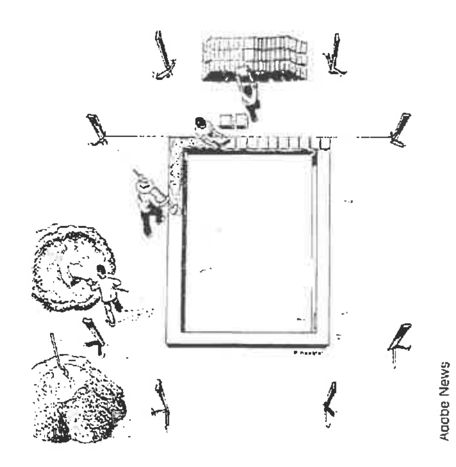


FIGURA 185: ORGANIZACION DEL TRABAJO PARA CUATRO PERSONAS

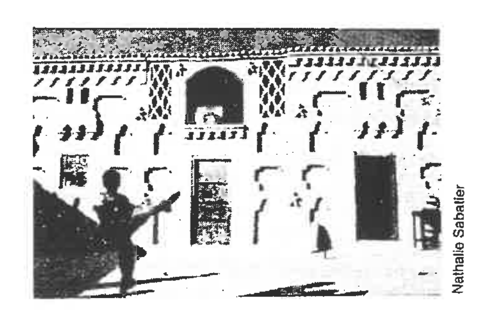


FIGURA 187: CASA EN NUBIA, CERCA DE ASWAN (EGIPTO) LAS DECORACIONES Y EL PAÑETE DE LA FACHADA SON GENERALMENTE REALIZADOS POR LAS MUJERES

Protección de los ángulos

Se pueden proteger las esquinas, reforzando los ángulos con ladrillos cocidos o piedras *(fig. 188)*. Estos elementos másr resistentes ayudan también a reforzar la estructura. Sinembargo, en las zonas sísmicas, la mezcla de materiales diversos no es aconsejable.

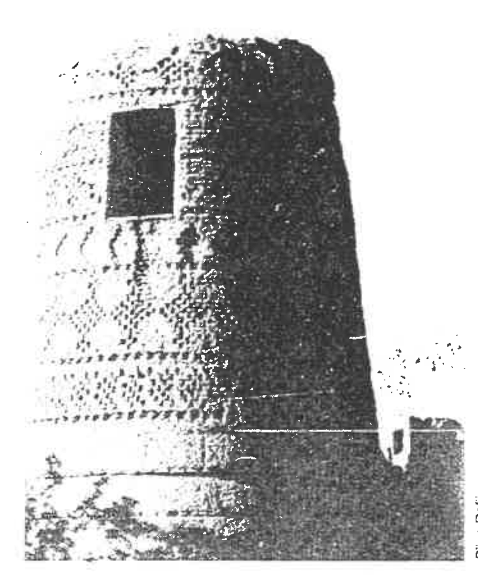


FIGURA 186: KACHAN PUEBLO DE MECHED ARDEHAL (IRAN)

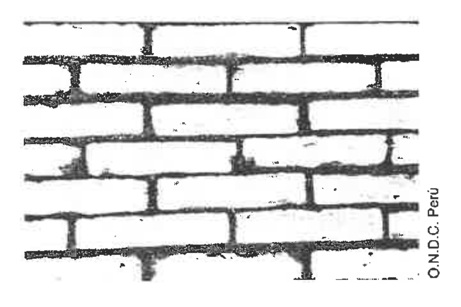


FIGURA 184: APAREJO CON LADRILLOS ESTABILIZADOS. PROYECTO CAYALTI (PERU)

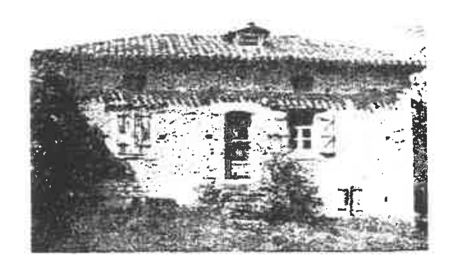


FIGURA 188: CASA TRADICIONAL EN LA REGION DE TOULOUSE

Refuerzo de la estructura

Además de la viga de amarre y de los cimientos, es indispensable, reforzar los muros por medio de elementos que trabajen a la tracción y a la flexión. Esto se aplica especialmente en el caso de que existan muros muy largos, cimientos muy débiles, terrenos poco resistentes o construcciones en zonas sísmicas. Este refuerzo puede ser independiente (vigas y columnas) o incluidos dentro de la misma mampostería (mampostería estructural).

— **El amarre:** localizado a dos o tres hiladas por debajo de remate de los muros forma un anillo continuo a todo el rededor de la casa e impide que los muros se separen. Puede igualmente servir de solera, al soportar los cambios de la cubierta y de dintel para las puertas y ventanas. Se construye generalmente en hormigón armado, madera o en malla metálica *(fig. 190)*. Su anclaje al muro puede ser mejorado, vaciando en los ángulos, pequeños bloques de concreto que reemplazan las últimas hiladas de los ladrillos en las esquinas. El amarre se encuentra así entrelazado con la mampostería.

— **Columnas:** Al unir el cimiento con la viga de amarre superior, completan la estructura de la casa. Se colocan en los sitios más débiles: ángulos y en la mitad de los tramos largos de muro. Aportan una rigidez adicional contra los esfuerzos horizontales. Si se levantan en ladrillo, se convierten en contrafuertes exteriores que se construyen al mismo tiempo que los muros, cuidando su unión con la mampostería. En concreto armado, las columnas pueden tener el mismo espesor de los muros y es generalmente más fácil vaciarlas una vez estos últimos estén terminados. Cuando se utiliza madera el trabajo de carpintería puede tornarse muy complejo. Un sistema más sencillo consiste en localizar en cada ángulo y en las aberturas,, columnas de 20 cms. de lado, unidas en sus extremos por una tabla gruesa; luego se llena el espacio con un "relleno" de ladrillos del mismo ancho. Así, descargados de una buena parte de sus presiones, los muros pueden ser más delgados y la construcción más ligera.

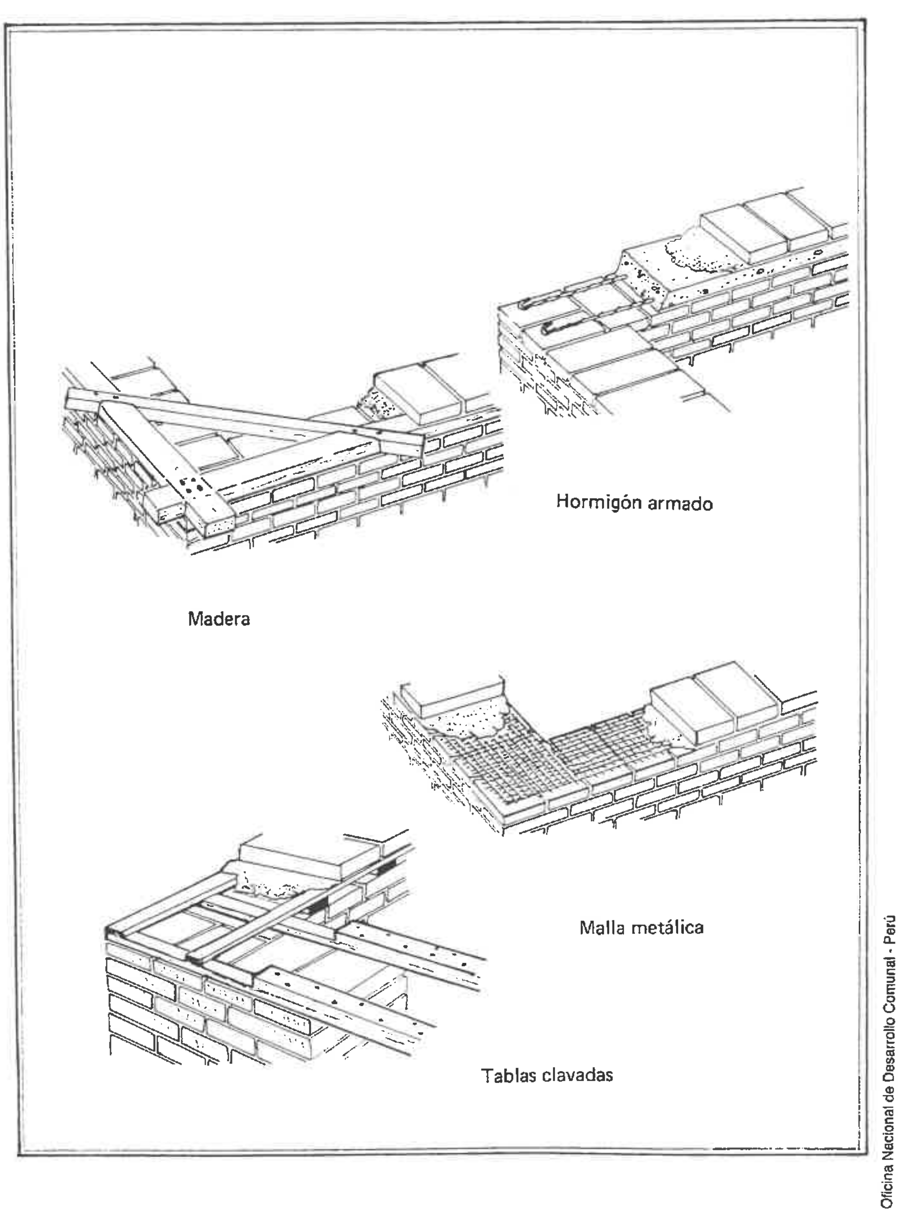


FIGURA 190: DIFERENTES TIPOS DE AMARRES

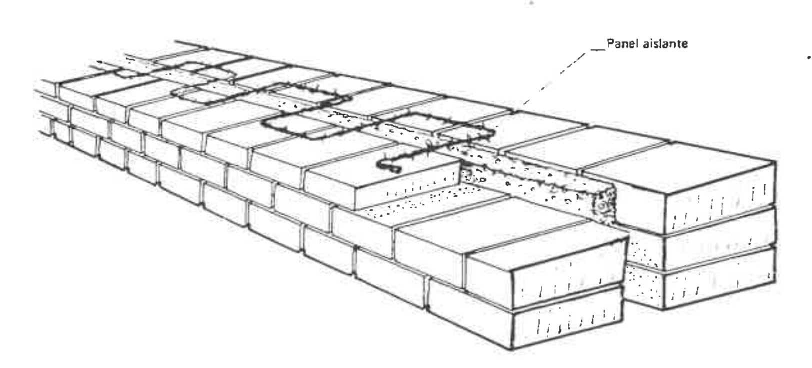


FIGURA 191: MURO DOBLE CON AISLAMIENTO. LAS DOS SECCIONES DEL MURO ESTAN UNIDAS POR UN ALAMBRE DE PUA COLOCADO DENTRO DE LAS JUNTAS

En un sistema constructivo americano, se utiliza una armadura metálica: las columnas son tubos de acero de 4 cms. de diámetro, ancladas al cimiento de concreto y en su parte superior amarradas entre sí por medio de una platina de 1 x 10 cms. que hace las veces de amarre. Los muros de "relleno" de 30 cms. de espesor, tienen algunos ladrillos especiales, con un extremo convexo que se ajusta a la forma de la columna.

Refuerzo de la mampostería: mampostería estructural

En este caso, la armadura no es independiente sino que forma parte de la mampostería, y se hace generalmente en hierro o en concreto, sinembargo algunas experiencias han sido realizadas en el Perú, con refuerzos de cañas (V. "problemas en zonas sísmicas"). Cualquiera que sea el material de la armadura, no debe ser demasiado grueso, con el fin de que no rompa la homogeneidad de la estructura. Se debe además asegurar la buena adherencia al mortero y protegerlo de la corrosión o de la descomposición.

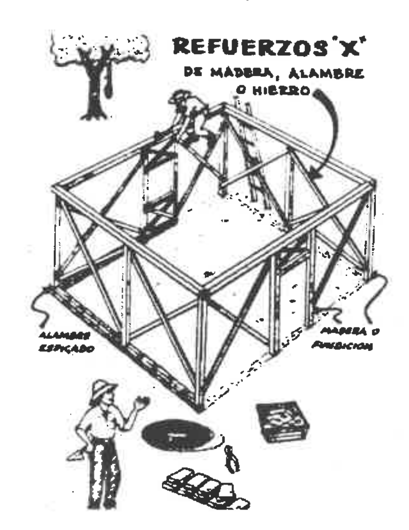


FIGURA 192: ESTRUCTURA SISMO-RESISTENTE GUATEMALA



Pueden colocarse refuerzos en sentido horizontal o vertical. Horizontalmente se colocan cada una o dos hiladas. La armadura debe ser lo

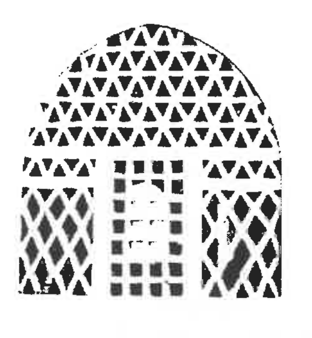


FIGURA 195: VENTANAS EN CELOSIA. NUEVA CIUDADELA DE GOURNA EGIPTO

suficientemente delgada para ser cubierta por el mortero. Se utiliza algunas veces una especie de malla metálica, larga y delgada. Se puede aprovechar esta armadura para construir un muro "doble" separado por un vacío de algunos centímetros, lo cual mejora el aislamiento térmico, *(fig. 191)*; es necesario notar que los estribos previstos para unir las dos paredes no constituyen un refuerzo, porque este debe ser continuo para tener efectividad.

Los elementos de refuerzo vertical (varillas de hierro o cañas) se anclan dentro del sobrecimiento y la viga de amarre. Se deben escoger elementos suficientemente rígidos, que soporten su propio peso sin doblarse. Se utilizan para la mampostería ladrillos con muescas o perforados que se ensartan desde arriba atravesados por esta armadura vertical (V. "problemas en zonas sísmicas").

Vanos

Los dinteles, bien sean de madera o de concreto armado, deben apoyarse en por lo menos 20 cms. a cada lado (50 cms. en zona sísmica). Los vanos en forma de arco, son fáciles de hacer con ladrillo: se les puede sostener durante la construcción por medio de un relleno de ladrillo, de tierra o mediante un encofrado especial; este debe ser colocado sobre un poco de arena o sobre cuñas, de manera que se pueda retirar después fácilmente.

Casa de adobe en una aldea peruana

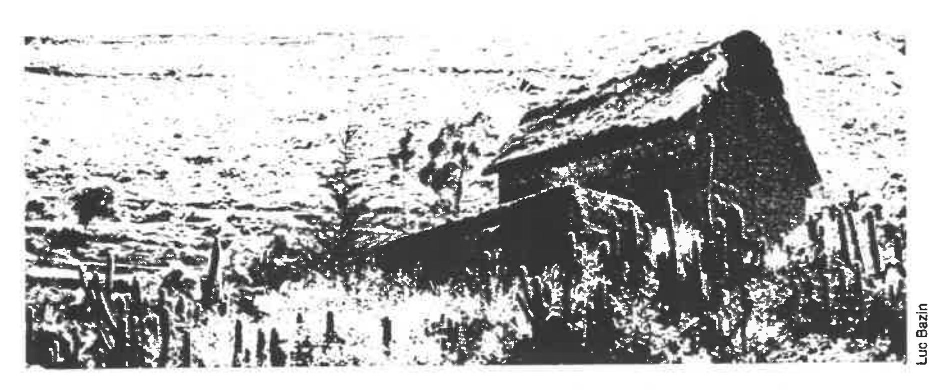


FIGURA 197: HUANCAYO (PERU)

En una agrupación rural, las construcciones no se usan de la misma manera. Unas se reservan para la habitación, otras más pequeñas sirven de graneros donde se guardan las papas, el trigo, el maíz, la quinua, las herramientas de trabajo y la leña. Algunas veces esta se guarda en un pequeño cobertizo que se apoya contra uno de los muros de la vivienda *(fig. 198)*. La casa hecha en adobe se caracteriza por su cubierta a dos aguas, de paja (Ichu-Festuca: gramínea que crece en pequeños manojos, hierba seca de altiplanos). Se constata generalmente la ausencia de ventanas aparte de una pequeña abertura en la parte superior de la culata. Una sola puerta de tablas ordinarias, burda-

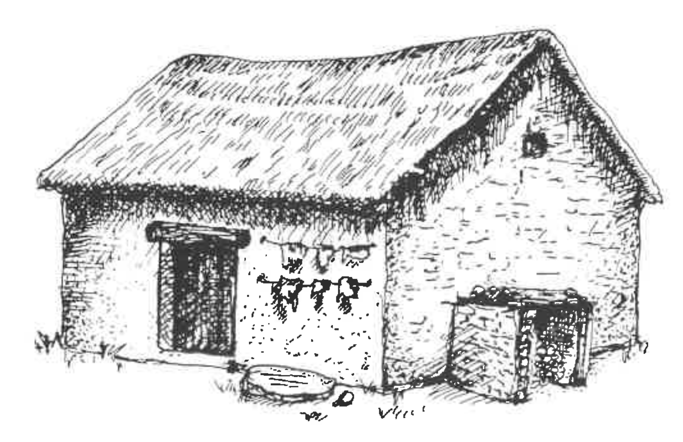


FIGURA 198: CASA CAMPESINA (PERU)



FIGURA 199: INTERIOR DE UNA CASA CAMPESINA; PUNO - PERU

mente unidas entre sí, da acceso al interior de la única alcoba. Esta puerta está un poco levantada para evitar que penetre el agua durante los períodos de lluvias. En el exterior, al lado de la puerta, una gran piedra plana (de alrededor de 60 cms) y una pequeña piedra redonda, sirven como instrumentos de cocina para pilar el grano, o majar las papas. Del muro penden trozos de carne de llama o de carnero, cortada en finas lonjas y salada (CHARQUI) *(fig. 199)*. La oscuridad sorprende: la única luz viene de la puerta. La pequeña abertura en la culata solo deja pasar un débil rayo que se pierde entre la estructura de la cubierta. El humo que queda, esparce un olor de carbón de madera que se mezcla al de la tierra. El piso, en tierra parece la prolongación de los muros que se han dejado sin acabados. En una esquina de la pieza se encuentra el horno. Dos grandes piedras sostienen la olla de barro. La madera utilizada lentamente, se almacena seca bajo la estructura de cubierta. El hogar sirve al mismo tiempo como estufa y como sistema de calefacción. El humo filtrado a través del techo, sirve para conservar la paja.

En el piso, cerca al fuego, las escasas piezas de la vajilla, se apoyan contra el muro. Al frente, en el otro lado del cuarto, la cama ocupa todo el ancho, las pieles de oveja y las cobijas la recubren. Los ponchos y las pieles que sirven de lechos, sobre el piso, cuelgan de las vigas. Los "cuys" (animales domésticos comestibles), duermen bajo la cama.

Los vestidos y demás objetos personales se guardan entre petates dispuestos aquí y allá sobre el piso. Por encima del dintel de madera, un cactus (sábila), símbolo de las creencias religiosas y mágicas, está suspendido de un clavo a manera de amuleto.

La estructura familiar está compuesta por el padre, la madre, los hijos, los abuelos, y se extiende a los tíos y primos.

La familia duerme a veces en la misma pieza, o en pequeños recintos contiguos, la hora de la comida reune dos veces al día a los habitantes de la casa. La salida del sol y su caída, corresponden a las comidas cotidianas (generalmente una simple sopa espesa de papas y una infusión a base de maíz tostado). Toda la jornada transcurrirá en el exterior para el campesino, solo llevará consigo un pequeño saco de coca y maíz tostado. La familia entera trabaja en los campos; los niños más pequeños colgados en la espalda de su madre, los otros cuidan los cor-

deros... La casa permanece casi vacía. La siembra y la cosecha requieren la participación de todos. El resto del tiempo las tareas son diversas. A veces, se aprovecha para reparar o construir las casas, otras para tejer los ponchos y el *tocuyo* (lana tejida). Otras veces se hacen objetos (cerámicas, cucharas de madera...) que vendidos en el mercado reportarán algunos "intis" extras.

Cuando los campesinos migran o cuando la vivienda se encuentra muy retirada de los cultivos, se construye una choza precaria con arbustos, *ichu* y pedazos de plástico, si los tiene... Esta choza le servirá de refugio para dormir y protegerse de la lluvia. Se encuentran también construcciones de piedra con techos de paja. La economía campesina se basa en el cultivo de la tierra y todas las demás actividades se relacionan con esta. La construcción está igualmente ligada a la vida agrícola, tanto desde el punto de vista de la organización de la obra como de las épocas del año en que se realiza. Por ejemplo, la producción de ladrillos de adobe y la construcción se realizan después de las cosechas, en la estación seca (de junio a septiembre). El mantenimiento de las cubiertas de paja, así como su fabricación se deben hacer antes de la estación de lluvias.

LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE FRENTE A LOS SISMOS

Los sismos son fenómenos particularmente devastadores, por ejemplo, en el Perú, el terremoto del 31 de mayo de 1970, causó la muerte de más de 40.000 personas. Numerosas zonas construidas en adobe fueron gravemente afectadas. En Coischo, (situado sobre un suelo rocoso) a 40 kms. del epicentro del sismo, los daños fueron mínimos, muchas construcciones resistieron y están aún habitadas. Este ejemplo muestra que en ciertas condiciones, las construcciones en ladrillos crudos, pueden comportarse convenientemente frente a un sismo.

¿Cuáles son los factores que determinan la resistencia de una construcción durante un sismo? Los estudios permiten aportar algunos elementos a la respuesta. Pero, primero, ¿qué es un sismo?

La corteza terrestre está dividida en grandes placas. Estas placas se encuentran por debajo de los océanos y también debajo de los continentes enteros (placa Pacífica, placa Africana, placa Antártica...). Los terremotos pueden producirse en todos los lugares situados sobre la frontera entre dos placas. Estas placas siempre están en movimiento, (algunos centímetros al año) y se entrechocan entre ellas. Muchos fenómenos se producen. Las placas se deslizan la una sobre la otra o se frotan tangencialmente entre sí. Durante muchos años se halan en direcciones opuestas, sin crear movimientos en la superficie de la tierra. Este frotamiento causa presiones considerables que se amplifica año tras año. Tarde o temprano, los sitios más débiles no podrán soportar estas presiones. En este momento las placas se pondrán bruscamente

en movimiento, produciendo un sismo.

En efecto, los choques se transmiten a la superficie de la tierra, pudiéndose esquematizar el fenómeno producido en dos movimientos principales, que además pueden superponerse:

a) Un movimiento lateral: la tierra vibra (sensación de ser halada y después empujada), esto se traduce para las construcciones, en un desplazamiento de los cimientos, mientras que el resto permanece quieta por inercia.

b) Un movimiento ondulatorio: (sensación de "cabeceo") el cual puede traducirse en una elevación de la construcción. En el momento del sismo los muros se comportan de diferentes maneras, de acuerdo a su concepción *(fig. 201)*.

FACTORES QUE INCIDEN EN EL DETERIORO DE UNA CONSTRUCCION DURANTE UN SISMO

1) Si el emplazamiento de la construcción no ha sido bien escogido: mala implantación (terreno demasiado inclinado, mal drenado...), suelo demasiado arcilloso o arenoso (fenómeno de licuefacción). El terreno donde se va a construir debe tener una resistencia a la compresión de 2 kg/cm^2 para el adobe no estabilizado y de 1 kg/cm^2 para el adobe estabilizado. Si se trata de casas medianeras, se dejará un intervalo mínimo de 5 cms. entre ellas.

2) Si la construcción ha sido mal dimensionada:
- si hay más de un nivel (altura mayor a 3 mts.).
- si las dimensiones son desproporcionadas (casas demasiado largas, demasiado altas...);
- las construcciones en "L" no son aconsejables;

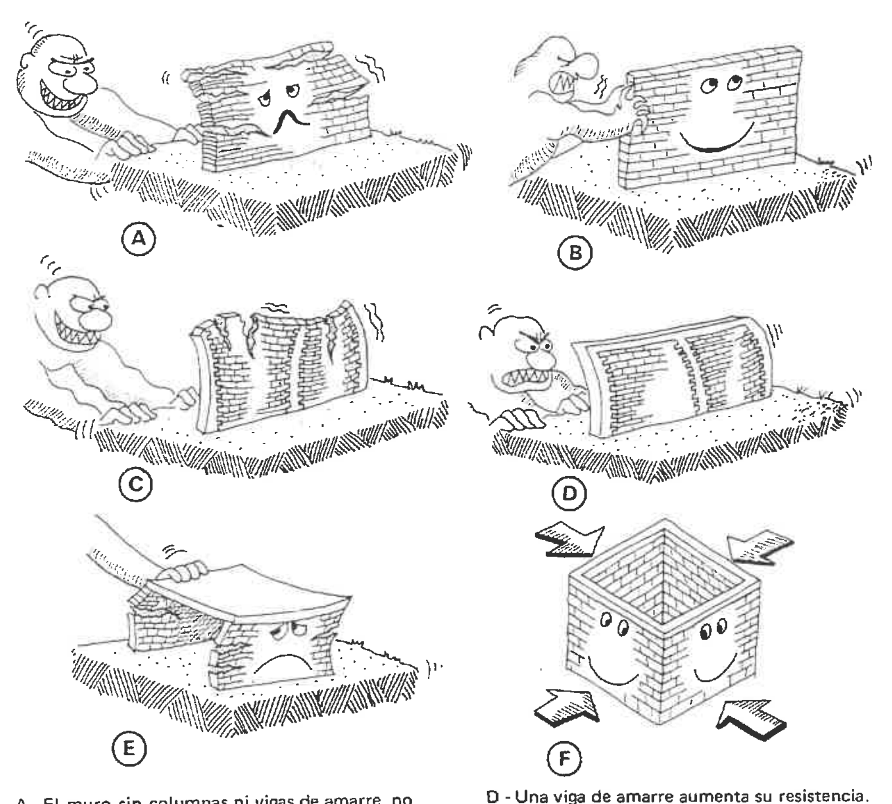
3) Si el dimensionamiento de los muros es incorrecto. Sobretodo si la relación altura/espesor es muy grande. Se deben recordar las proporciones ideales: espesor 1. Longitud 12, altura 8.

4) Si los materiales empleados para edificar los muros son mezclados sin criterio (efecto de "martillo" entre dos tipos de material).

5) Si los ladrillos de adobe han sido mal realizados (utilización de una tierra mala, moldeado poco cuidadoso...)

6) Si el dimensionamiento de los ladrillos es incorrecto. En algunas investigaciones se comprobó que los ladrillos cuadrados ofrecen una resistencia superior a los sismos. Su dimensionamiento es importante. Los cálculos establecen que un ladrillo cuadrado de 38x38x8 cms. tiene una resistencia a los sismos 4 veces superior a la de un ladrillo rectangula de 19x40x12 cms.

7) Si los aparejos no se hacen cuidadosamente, especialmente en los muros en pandereta.



A - El muro sin columnas ni vigas de amarre, no resiste.
B - Tiene mayor resistencia en sentido longitudinal.
C - Los muros con refuerzos verticales resisten más, pero no lo suficiente.
D - Una viga de amarre aumenta su resistencia.
E - Dos muros paralelos sin contrafuertes no resisten el empuje transversal.
F - Los muros octogonales, con viga de amarre, forman una "caja" más resistente.

INIAVI - Perú

FIGURA 201: COMPORTAMIENTO DE UN MURO ANTE UN SISMO

8) Si las capas de mortero entre las diferentes hiladas son muy delgadas (inferiores a 2 cms.) o demasiado gruesas, o si las juntas verticales no se han llenado.

9) Si los vanos son demasiado grandes o demasiado numerosos, en solo muro la relación vano/lleno debe ser inferior a 1/3. Los vanos se deben localizar preferentemente en los muros de mayor longitud. No deben encontrarse a menos de un metro de distancia del ángulo. Los dinteles deben empotrarse en el muro, por lo menos 50 cms. a cada lado. Las puertas deben abrir hacia el exterior.

10) Si se ha omitido amarrar la construcción y si no se han previsto refuerzos horizontales y verticales.

11) Si el techo es demasiado pesado o está mal colocado. Si las vigas del techo reposan sobre un dintel. El peso del techo debe ser repartido uniformemente por medio de los amarres en los muros.

En las zonas sísmicas, es necesario reforzar los muros construidos en adobe. Existen diferentes métodos (algunos de ellos ya fueron expuestos). No nos detendremos en los sistemas que buscan reforzar la mampostería misma, con cañas.

Sobre esto, se hicieron investigaciones en el Perú. Los ensayos llevados a cabo con muros experimentales sirvieron para determinar qué influencia tienen los esfuerzos que genera un sismo: tracción, flexión y cizallamiento, sobre un muro reforzado de esta manera.

A) Los esfuerzos de tracción se manifiestan en los ángulos por la separación de los muros ortogonales. Conviene hacer un refuerzo horizontal. Se debe "amarrar" la casa en cada una o dos hiladas, colocando cañas entre la capa de mortero. El estudio realizado por Vera Gutiérrez en 1972, dió los siguientes resultados comparativos con un muro en adobe con juntas de 2,5 cms. de mortero de barro:

1) Utilización de mortero de tierra y 15% de cemento sin refuerzo de cañas, multiplica por 2,5 la resistencia a la tracción.

2) Utilización de mortero de tierra + cemento + "amarre" de dos cañas (caricillo), multiplica la resistencia por 5.

3) Utilización de mortero de tierra + cemento + "amarre" de 4 cañas, produce un aumento de la resistencia multiplicado por 15.

B) Los esfuerzos de flexión se traducen en una deformación de los muros.

Isabel Moroni (1971) hizo un ensayo destinado a demostrar la influencia del amarre horizontal (caña de Guayaquil) y la de la estabilización del mortero con cemento, en comparación con un muro de adobe, pegado con mortero de tierra.

1) Utilización del mortero de tierra + refuerzo horizontal de 2 cañas: momento de flexión del muro x 4.

2) Utilización del mortero + cemento + refuerzo horizontal de 2 cañas: momento de flexión del muro x 34.

A continuación presentamos dos proyectos oficiales que fueron realizados experimentalmente en Perú:

– El proyecto de habitat social en Cayalti, Departamento de Lambayeque, en 1975.
– La construcción de un habitat rural costero "Modelo" en Lima, en 1976.

PROYECTO DE CAYALTI (1975)

(fig. 202)

Fue una obra experimental llevada a cabo por iniciativa del "Ministerio de Vivienda y Construcción". Consta de 100 viviendas de tipo social, construidas en adobe estabilizado y reforzado con cañas. Las casas tienen cuatro alcobas unidas por un patio. La superficie habitable es de $90m^2$. Tanto los muros portantes como los divisorios son en ladrillos de adobe cuadrados, de 40 cms. de lado. El aparejo y la forma de los ladrillos permiten el paso del refuerzo vertical de cañas, las cuales atraviesan cada ladrillo. También existe un refuerzo horizontal entre las capas de mortero que unen las hiladas.

Las cubiertas, en tierra estabilizada, colocadas sobre una estructura de madera, recubierta con una esterilla. (V. Cubiertas). El costo de estas viviendas fue de 3000 soles $/m^2$, es decir 75 FF/m^2, en 1975.

Fabricación de adobes en Cayalti

La tierra extraida mecanicamente se tamizó, con una malla de 5 mms. y se estabilizó con una emulsión asfáltica tipo RC 250 (Cutback RC2)

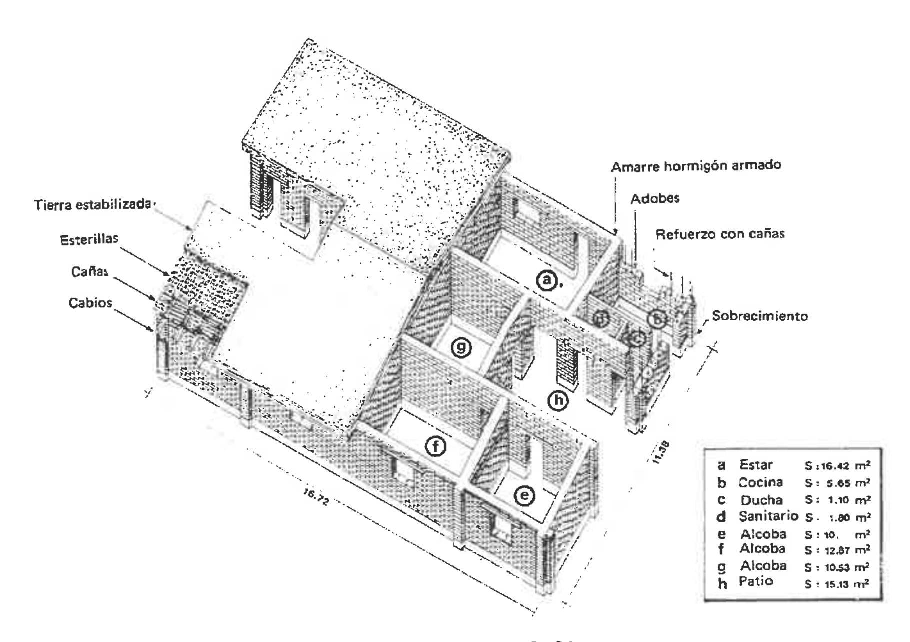


FIGURA 202: PERSPECTIVA AXONOMETRICA DE UNA CASA PROYECTO DE CAYALTI - PERU

que se guardó en pozos pañetados con cemento y recubiertos con toldos, para asegurar su buena conservación durante varios meses. Se mezcló un 2% de este estabilizante a la tierra. El mezclado se hizo mecánica o manualmente (con pala, rastrillo o con los pies). La tierra, una vez lista para su empleo, se moldeó en adoberas cuadradas, y de doble capacidad *(fig. 203-204)*.

Se utilizaron dos tipos de molde:

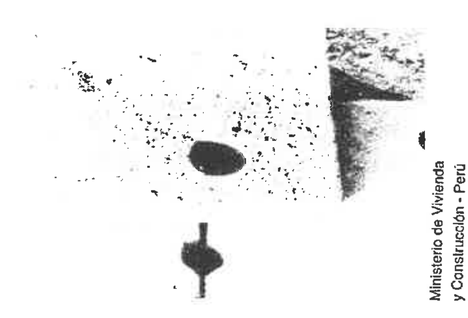
El tipo A es un molde corriente que da un ladrillo lleno, al cual se hicieron los huecos 24 horas después del desmolde, para ser ensartado por una caña.

El tipo B tiene dos trozos de madera semicirculares, colocados sobre dos de sus lados para producir un ladrillo de forma tal que al yuxtaponerlo junto a uno igual permitirá la inclusión de una caña. El interior de los moldes fue revestido de fórmica. Se llena comenzando por los ángulos. La tierra se aplana con una regla. El desmolde se hace sacudiendo el molde verticalmente *(fig. 205)*. Tres días después, los ladrillos se colocan de canto para secarlos más uniformemente *(fig. 206)*. Se pueden utilizar al cabo de un mes.

BLOQUE TIPO A

BLOQUE TIPO B

FIGURA 203:
MOLDES UTILIZADOS EN CAYALTI



Ministerio de Vivienda y Construcción - Perú

FIGURA 204: ADOBES PERFORADOS PARA EL REFUERZO VERTICAL



Ministerio de Vivienda y Construcción - Perú

FIGURA 205: DESMOLDE MEDIANTE UNA SACUDIDA VERTICAL

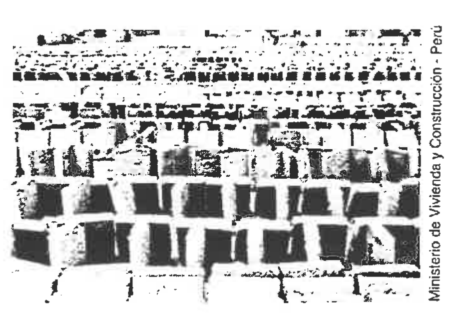


FIGURA 206: AREA DE SECADO

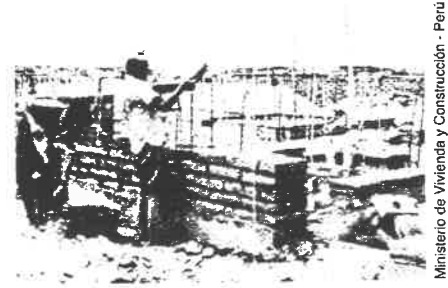


FIGURA 207: ELEVACION DE LOS MUROS. LOS LADRILLOS PERFORADOS SE ENSARTAN ENTRE LAS CAÑAS

Elevación de los muros
(fig. 207)

— Los ladrillos se limpian cuidadosamente.

— Se pegan con mortero de tierra (10 volúmenes) + cemento (1 volumen) + asfalto (2%). No es necesario mojar los ladrillos cuando se van a colocar. Las cañas que sirven de refuerzo tienen 2,5 a 3 cms. de diámetro (variables: carrizo y cañabrava). Las cañas son muy permeables al agua, cuando se colocan en el muro, el agua aumenta su volumen y aparecen fisuras por efecto de la contracción durante el secado en el mortero que las rodea. Para evitar esto, se impermeabilizan con asfalto. Se pintan con dos capas de asfalto RC 250 diluido en gasolina o kerosene en proporción de 10 a 20%. Se dejan secar durante 5 días antes de utilizarlas.

— Para los refuerzos verticales, se escogen las cañas más derechas y secas. Se cortan en dos a lo largo y después se impermeabilizan. Para facilitar el anclaje al cimiento, se funde en sus extremos un pequeño cubo de hormigón.

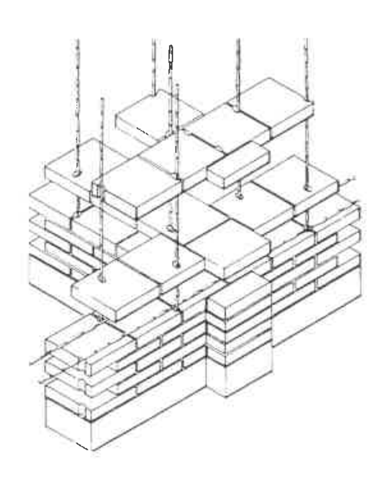


FIGURA 208: APAREJO DE LOS LADRILLOS

El anclaje a los cimientos debe respetar la misma distancia entre cada caña que corresponde al espaciamiento de los huecos de los ladrillos.

— Los ladrillos de tipo A y tipo B se colocan alternativamente en cada hilada. Los de tipo A se ensartan en las cañas desde arriba y los de tipo B simplemente se colocan a ambos lados de las capas puesto que su

diseño lo permite. Los huecos se llenan cuidadosamente con mortero.

— Se deben evitar los empalmes entre dos cañas. Si es necesario, se deben superponer las dos cañas 40 cms. y amarrarlas con alambre en los dos extremos.

— Los trozos de cañas se anclan al amarre superior.

— Para los refuerzos horizontales se cortan las cañas en cuatro a lo largo y se impermeabilizan también. Se colocan dos por hilada sobre la capa de mortero. Las cañas horizontales se amarran a cada caña vertical antes de recubrirlas con mortero.

PROYECTO LIMA (1976)

Fue el segundo proyecto oficial, que después de Cayalti, empleó el sistema de refuerzo de los muros de adobe con cañas. Se trataba de realizar un hábitat rural costero "modelo".

El módulo básico *(fig. 209-210)*, de planta cuadrada está compuesto por cuatro piezas (cocina, estar y dos alcobas, el sanitario se localizó en una pequeña construcción anexa). Tiene una superficie de 50 m^2. aproximadamente, pero puede ampliarse fácilmente agregándole varias alcobas, en una construcción separada. La planta propone construcciones independientes, lo más compactas posible, para que resistan mejor a los sismos.

Los ladrillos se estabilizaron con asfalto RC 250 (RC2). Se utilizaron



FIGURA 209: HABITAT RURAL COSTERO CASA EXPERIMENTAL EN ADOBE (LIMA, PERU)

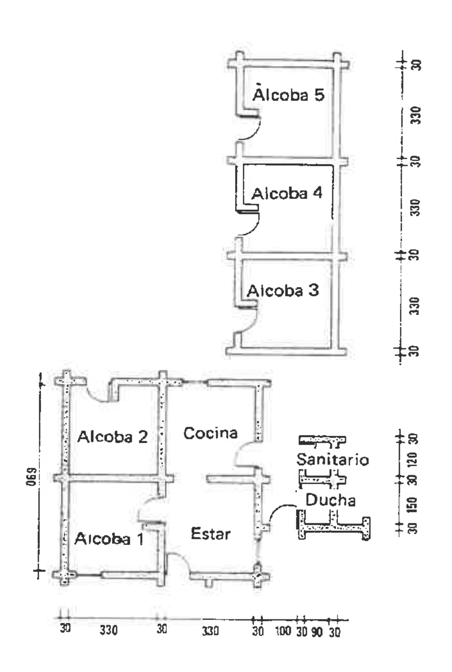


FIGURA 210: PLANO DE LA CASA EXPERIMENTAL DE LIMA

moldes cuadrados que producían adobes con muescas semicirculares en la mitad de dos lados opuestos *(fig. 211)*. Al contrario que en Cayalti, no se utilizó sino un tipo de ladrillo, concebido para ser fácilmente colocado a ambos lados

de las cañas y no ensartado como allí. Se utilizaron moldes especiales para hacer los medios bloques.

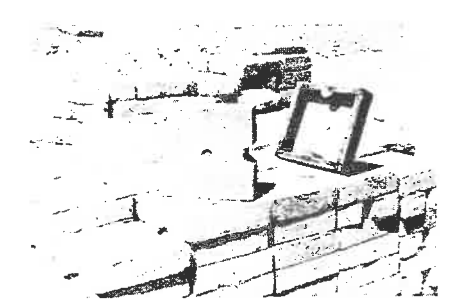


FIGURA 211: MOLDE Y LADRILLO (CASA EXPERIMENTAL LIMA)

- Los ladrillos miden 28x28x8 cms
- Los medios ladrillos miden 28x 13x8 cms.

Los moldes utilizados tienen un fondo rugoso con ranuras de 2mms. para facilitar la entrada de aire necesaria para el desmolde. El método empleado para el moldeo fue el llamado "golpe de arena".

La elevación de los muros *(fig. 212)* se hizo de la misma manera que en Cayalti. Se utilizó un mortero compuesto por arena y cemento en proporción 1:8. Las juntas horizontales tenían dos cms. de espesor y las verticales no debían ser inferiores a 1,5 cms. Todos los muros, incluso los divisorios, se cruzan en los ángulos formando contrafuertes. La cubierta está compuesta por elementos modulares que cubren cada uno una alcoba. Estos elementos en forma de paraboloide hiperbólico, se construyeron sobre una estructura de madera de eucalipto rolliza, sobre la cual se clavaron cañas, y se cubrió con 4 cms. de tierra estabilizada con el 4% de asfalto. El estudio de los costos fue realizado por la "Oficina de Investigación y Normalización". Una construcción de 91,35 m² costó 166,670 soles o sea cerca de 4.000FF.

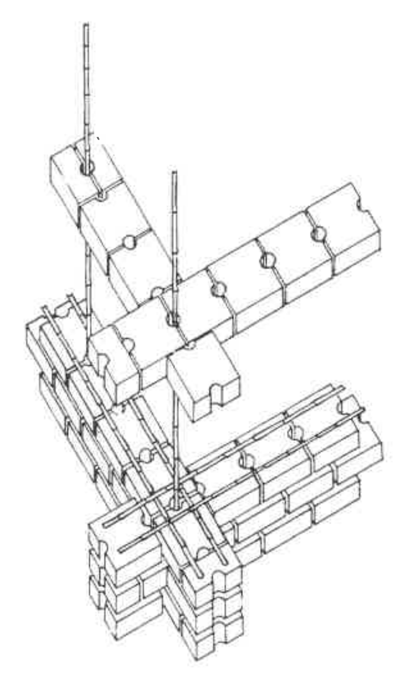
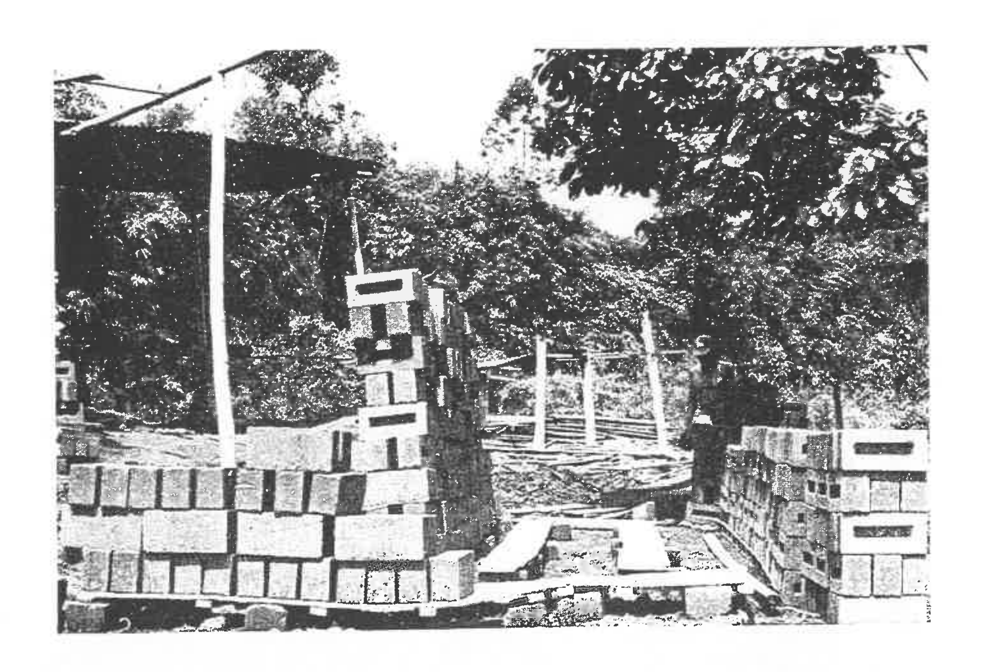


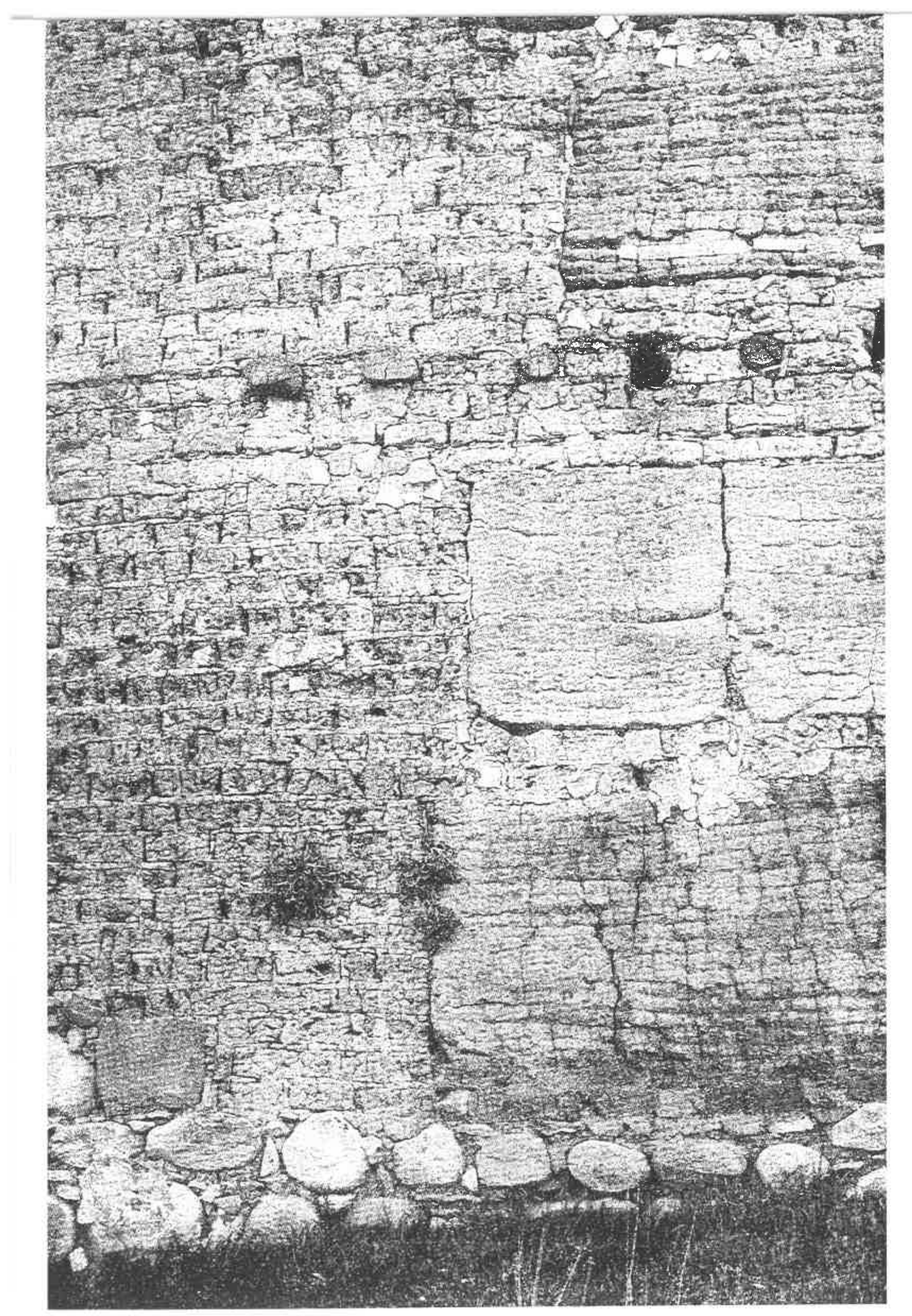
FIGURA 212: APAREJO DE LOS ADOBES

La repartición del costo de producción se hizo como sigue:

Cimiento, sobrecimiento	11%
Elementos de hormigón (amarre, (etc.)	5%
Muros adobe reforzados con cañas .	33%
Pisos (hormigón, embaldosinado) . .	6%
Cubierta	11%
Pañete interior y pintura	7,5%
Marcos de puertas y ventanas	11%
Instalaciones sanitarias	6,5%
Agua y Electricidad	9%

Bloques de tierra prensados





4 Bloques de tierra prensados

Hemos visto en el capítulo sobre adobes que es posible fabricar ladrillos con una tierra que tenga una consistencia plástica. Ahora, vamos a trabajar con una tierra "seca", que posea el mismo contenido de agua empleado en la tapia pisada. Ella será compactada con un pisón o con una prensa para producir bloques de tierra prensados. Después del secado, podrán ser utilizados de la misma forma que los adobes, ladrillos de arcilla cocida o los bloques de cemento. Con relación a la tapia pisada, este modo de producción presenta las mismas ventajas que los adobes, a saber:

- la posibilidad de escalonar la producción en un largo período de tiempo;
- la disminución de fisuras en el muro ya que la contracción se efectúa durante el secado en cada bloque;
- una mayor flexibilidad durante el diseño arquitectónico y en la construcción.

El principal inconveniente es el manejo y manipulación del material que representa una baja en la productividad. Los bloques prensados presentan sin embargo con relación a los adobes las siguientes ventajas:

- mayor posibilidad de un inmediato almacenamiento;
- un área de fabricación y de secado más pequeña y con cubierta.
- bloques más regulares;
- posibilidad de fabricar bloques de formas especiales: con huecos, bloques a encajar, desagües, tejas, etcétera.
- limitar la estabilización a la superficie del bloque;
- una mayor resistencia a la compresión;
- un mejor acabado.

En resumen la fabricación de bloques resulta más larga y está afectada por el costo de una máquina generalmente costosa.

BLOQUES DE TIERRA COMPACTADOS MANUALMENTE

Mostramos *(fig. 214)* la fabricación de un bloque y su utilización a través de un ejemplo en el bajo Dauphiné. Este procedimiento tiene la ventaja de requerir poco material ofreciendo la posibilidad de moldear y compactar las formas que se deseen. Sin embargo en relación a la tapia pisada ha sido utilizado.

Después de la Segunda Guerra Mundial, este proceso productivo se ha utilizado en Francia y la República Democrática Alemana *(fig. 213)*, en obras de reconstrucción del habitat de tipo social. Los bloques eran hechos en moldes de madera que se llenaban con tierra para ser luego compactados con un pisón de 6 kg. Dos hombres entrenados y disponiendo de diez moldes hacían de 200 a 250 bloques de 10 x 20 x 40 cms. o de 100 a 150 bloques de 20 x20x40 cm. por día.

Este es un trabajo largo, fatigante y de bajo rendimiento. No nos detendremos en esto porque actualmente existen prensas que pueden reemplazar con ventajas este método de apisonamiento que serán detallados en el respectivo capítulo.

PRENSAS

Actualmente existen en la industria de la cerámica numerosas prensas para la fabricación de bloques. Algunas pueden ser utilizadas para la tierra estabilizada, otras han

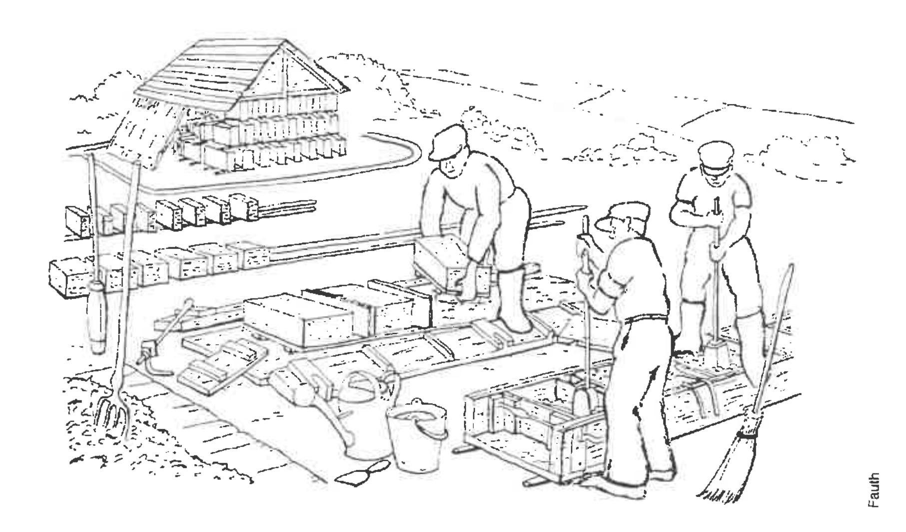


FIGURA 213: BLOQUES PRENSADOS MANUALMENTE EN LA REPUBLICA DEMOCRATICA ALEMANA

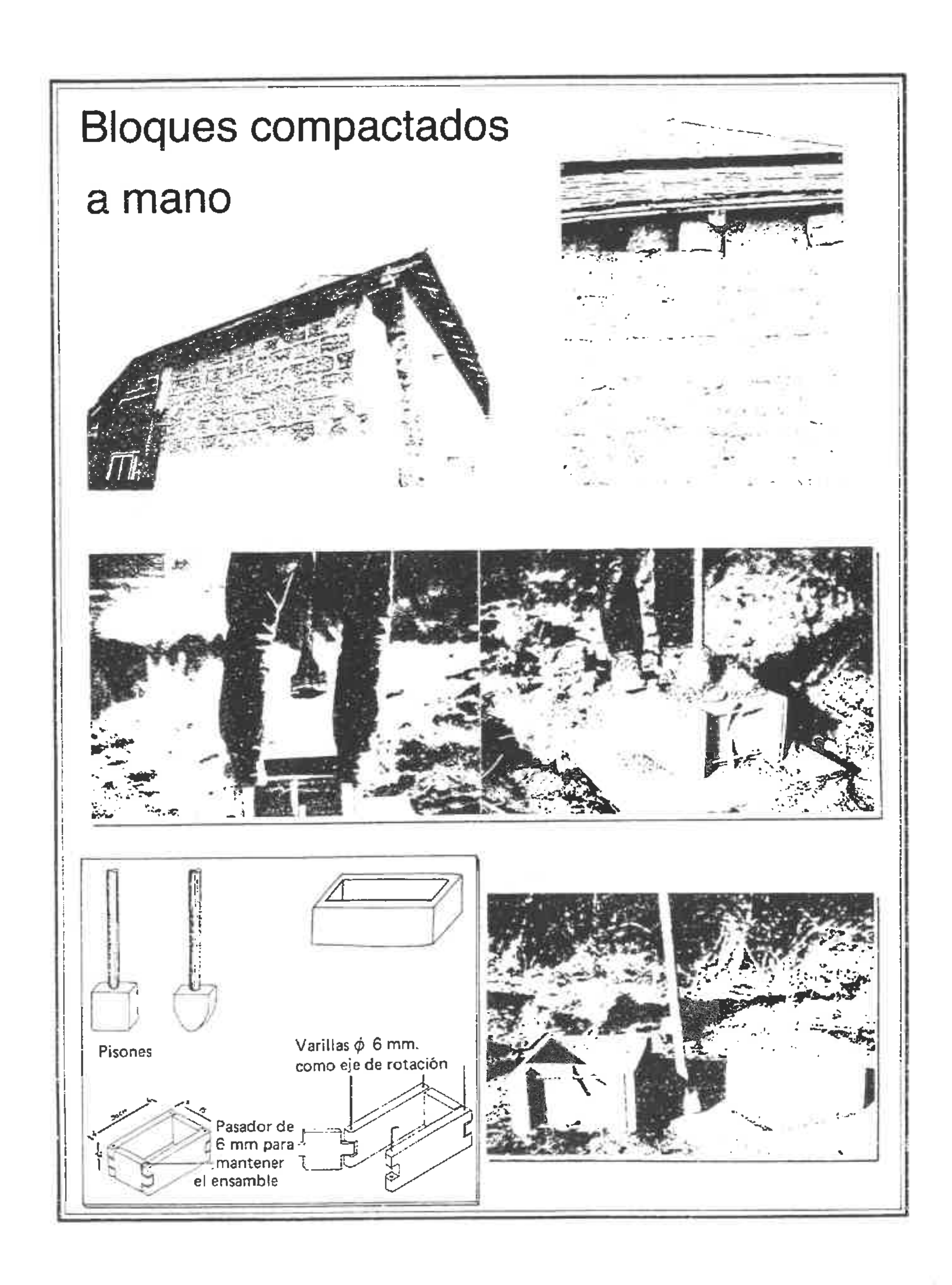

Bloques compactados
a mano
Pisones
Varillas ϕ 6 mm.
como eje de rotación
Pasador de
6 mm para
mantener
el ensamble

FIGURA 214

sufrido transformaciones y finalmente otras han sido diseñadas para la fabricación de bloques de tierra prensados. Todavía quedan algunas que potencialmente pueden ser adaptadas para este uso.

A continuación presentaremos veintiocho, de las cuales seis son particularmente interesantes y se encuentran disponibles en el mercado. Estas últimas se encuentran en un cuadro selectivo. Las otras, fuera de mercado, se mencionan a manera de ejemplo: prototipos experimentales, de los cuales sólo se ha construido un modelo y prensas poco utilizadas que han desaparecido del mercado una quincena de años más tarde.

Mecanismo para el moldeado	Producción	Apisonamiento	28 Prensas	Comerciales actualmente	No hay oferta	Por encargo	Prototipo	Ver "Museo de Prensas"	Selección de prensas comerciales más importantes	Estado de la tierra: Seco	Estado de la tierra: Plástico
Manual	Baja	Dinámico	B.I.T. Dakar		x			x			
			Máquina con palanca No. 1		x			x			
			Apisonadora tipo PBB		x			x			
			Rapida No. 5		x			x			
			Pistón sistema D				x	x			
		Estático	Terstaram*	x					x	x	x
			CINVA-Ram	x					x	x	x
			Tek Block	x					x	x	x
			Ellson Blockmaster S, D, SB1, SB2	x					x	x	x
			AB1	x						x	x
			PM con palanca		x			x			
			Herculéene		x			x			
			Curer				x	x			
			Palafitte				x			x	x
Mecánico	Alta	Dinámico	Houdra Tipo C		x			x			
			Damette No. 1		x			x			
			Pistón guía				x	x			
		Estático	Majo		x	x		x			
			Majomatic		x	x		x			
			B, 75, B 100, B 150, B 200 - Hallumeca	x							x
Hidráulico	Media	Estático	MMH 2000	x					x	x	
			CLU 2000	x					x	x	
			Power tek block				x	x			
			Winget		x			x			
			10 p, 11 p		x	x		x			
			MMH 4000				x	x			
	Muy alta		L 3 Drostholm	x						x	
Neumático	Baja	Dinámico	Tipo 810		x			x			

* Comercializada anteriormente con los siguientes nombres:
- La Madelon
- La Super Madelon
- Landcrete
- Stabibloc
- S.M.

En el primer cuadro se agrupan las diferentes prensas. Desde la más sencilla que requiere poca inversión y que puede ser fabricada localmente, hasta la más sofisticada que requiere para su funcionamiento de una infraestructura importante para el abastecimiento, la producción y el almacenamiento.

CARACTERISTICAS DE LAS PRENSAS

A. TIPO DE PRENSA

Los tipos que se presentan a continuación se han diferenciado según la fuente de energía:

— Manual: En este caso el apisonamiento lo hace una o varias personas por medio de un sistema de palanca o de pistón.
— Mecánico: El apisonamiento de la tierra se hace por un sistema de palanca o de pistón accionado mecánicamente por un motor a gasolina, diesel o eléctrico.
— Hidráulico: La energía del motor se transmite a la bandeja de compactación por un sistema hidráulico.
— Neumático: la energía del motor se transmite al pistón por un sistema neumático.

Modo de compresión

— Presión estática: el apisonamiento se realiza por el acercamiento lento de las dos superficies entre las cuales se encuentra la tierra, que es retenida lateralmente.
— Presión dinámica: la compactación se obtiene por un apisonamiento de la tierra en un molde. La presión ejercida sobre el bloque no se controla fácilmente.

B. DENOMINACION:

Se indica el nombre dado por el constructor.

C. ORIGEN

Algunas máquinas han sido comercializadas por varios constructores. Si el lector está particularmente interesado en la compra de alguna de ellas, se puede dirigir a los autores quienes le aconsejarán para la elección de la prensa y la escogencia de los constructores dependiendo del proyecto a realizar.

D. CARACTERISTICAS FISICAS

Se presenta la dimensión de la prensa: ancho, largo, alto, peso, la naturaleza del motor (gasolina, diesel o eléctrico) y su consumo aproximado. En los lugares alejados no se aconseja el motor eléctrico ya que su arreglo, en el caso de daño, es más difícil que el de los motores diesel o de gasolina. Los filtros de los motores deben poder limpiarse y no recargarse.

E. CARACTERISTICAS COMERCIALES

El precio aparece en francos franceses (sin impuesto). El plazo de entrega ha sido fijado por los constructores y se cuenta a partir de la recepción de la carta de crédito definitiva, confirmada e irrevocable. Este plazo no incluye el de transporte ni el de la aduana.

F. OTRAS CARACTERISTICAS

Presión: Una buena parte de esta se pierde por las transmisiones, los rozamientos y la elasticidad del material. Las presiones de compactación de 7 a 10 kg/cm^2 pueden ser suficientes pero son mínimas, las presiones de 20 a 40 kg/cm^2 son excelentes. Las presiones superiores son superfluas y generan un despilfarro de energía. Ellas conllevan, algunas veces, a un deterioro de las cualidades mecánicas por la aparición de fenómenos de fisuración. Las presiones son las obtenidas durante la producción, es decir un promedio estadístico de un obrero que trabaja durante 8 horas. Ejemplo:

— una persona, una manipulación, con la Cinva-Ram. = 20 kg/cm^2
— una persona toda la jornada, con la Cinva-Ram. = 5 a 7 kg/cm^2.

• Tasa de compresión: La relación entre el volumen de una tierra esponjada y el de la tierra compactada es teóricamente 1,65. La tasa de compresión, representando la relación entre el volumen del molde vacío y el volumen del bloque producido, debe ser en todo caso superior a 1,65. Este es un valor mínimo y toda máquina con una relación inferior requerirá un apisonamiento previo manual de la tierra esponjada. Una tasa de dos es ideal. Es de anotar que casi todas las prensas manuales o mecánicas tienen una relación inferior o igual a 1,65 requeriéndose entonces una precompactación. Desde este punto de vista son preferibles las prensas con una tapa abatible a aquellas con una tapa giratoria. La tapa abatible tritura la tierra excedente del molde realizando así una ligera precompactación, mientras que la tapa giratoria limpia el exceso de tierra sin tasarla, en este caso es necesario apisonar ligeramente la tierra con la mano en el molde para prevenir que se presente una menor tasa de compresión. (En el cuadro las cifras entre paréntesis son las dadas por los autores).

• Profundidad máxima del molde: Es la distancia máxima entre la tapa cerrada y la bandeja de compresión en reposo. Esta disminución restada del recorrido de la bandeja da el espesor máximo del bloque a producir. Para la fabricación de baldosas o tejas, se puede introducir una pieza de madera para reducir la profundidad del molde. Se debe tratar de conseguir la mayor profundidad posible a fin de obtener una tasa de compresión aceptable. En las prensas hidráulicas que tienen una tasa de compresión de 1,8 a dos se pueden alimentar los moldes con una tolva de molino.

• Recorrido máximo de la bandeja: En las prensas manuales y mecánicas éste recorrido no puede ser regulado. El hecho de no descender la palanca hasta su tope crea la ilusión de regulado de recorrido de la bandeja. El esfuerzo de compresión máximo se produce al final del recorrido, los bloques producidos de ésta forma serán menos resistentes que los otros. En las prensas hidráulicas la altura del recorrido se puede regular fácilmente.

• Dimensiones de los bloques: Da-

SELECCION DE PRENSAS COMERCIALES MUY INTERESANTES

	Tipo de energía	Manual							Hidráulica	
Nombre on	Nombre	Cinva-Ram	Tek-Block	Ellson Blockmaster S	D	SB 1	SB2	SM Terstaram	MMH 2000	CLU 2000
Origen	País	Colombia	Alto Volta	India	India	India	India	Bélgica	Bélgica	Suiza
Características físicas	Dimensiones (L, A, A) (cm)	20 x 50 x 60	40 x 50 x 75	40 x 69 x 90				75 x 160 x 100	100 x 300 x 150	150 x 325 x 162
	Peso neto (kg)	63	97	145	155	165	175	280	1 350	1 550
	Motor								Bernard 10 HP diesel	Hatz E 785 11HP diesel
	Consumo/hora								2	2
Características comerciales	Precio (F.F.)	1000	2000	1400	1 500	1600	1650	4000	55000	70000 (part. presse)
	Plazo entrega (mes)	En bodega	En bodega	En bodega				3 Meses	3 à 6 Meses	3 à 6 Meses
Características generales	Presión en kg F/cm²	7	6	7 à 25				20	40	20
	Tasa de compresión	1,63	1,34	(1,80)		(1,46)		1,65	≃ 2	(1,6)
	Profundidad máxima del molde (mm)	145	175	131	131	158	158	145	175	120
	Recorrido máximo de la bandeja (mm)	55	45	50	50	50	50	39 + 18 = 57	88	45
	Dimensiones de los bloques (L X A X A)	29,3x14x8,9	29x29x13	22,7x10,6 x7,3	22,7x10,6x7,3 (x2)	30,5x14,6 x10,8	30,5x22,5 x10,8	29,5x14 x8,8	29,5x14 x8,8	25x12x7,5 (x2)
Producción	Cantidad de bloques por día	425	425	425	850	425	425	425	2000	2000
	Volumen compactado por día (m³)	1,55	4,64	0,74	1,48	2,04	3,14	1,54	7,26	9
	Cantidad	4	4	3	3	4	4	4,30	3,10	4,60

mos las dimensiones de los bloques "estandar". Los constructores han previsto la posibilidad de utilizar varios moldes para los bloques y tejas de diferentes dimensiones.

G. PRODUCCION

• Cantidad de bloques por día: La cifra corresponde al número de bloques producidos en una jornada de ocho horas, sin embargo ella varía dependiendo de la organización del campamento.

• Volumen compactado por día: Volumen de tierra compactado por día en m^3.

• Cantidad de obreros: Este número representa la cantidad de obreros, que realizan la alimentación con la tierra, la compresión y la evacuación de los bloques. No incluye todo el ciclo de producción desde la extracción de la tierra hasta el almacenamiento.

• Hay cuatro niveles de producción:

— *Baja:* Es el caso de prensas manuales cuyo rendimiento varía en función de la organización del campamento. Puede variar de 300 a 1.200 bloques por día.

— *Media:* Las prensas hidráulicas móviles tienen una producción de 2.000 a 2.800 bloques por día. Ellas controlan el ritmo de la producción a través de una rotación automática de los moldes.

— *Alta:* Las prensas mecánicas móviles tienen producciones elevadas pues ellas han sido diseñadas para moldear la tierra en estado plástico. En este estado la compactación es más rápida que cuando se trata de una tierra seca.

— *Muy alta:* Las prensas hidráulicas sofisticadas derivadas de la producción industrial de ladrillos sílico-calcáreos trabajan a una alta producción. Estas prensas requieren de una infraestructura importante y de un personal altamente calificado.

Nuestra Prensa
"La Palafitte"
(fig. 215)

De esta prensa manual se ha construido un modelo buscando reagrupar las ventajas de la prensa Cinva-Ram. y la Tek-Block.

FABRICACION

Hemos construido la prensa PALAFITTE en 1974 en la Unidad Pedagógica de Arquitectura de Grenoble. En un principio se construyó un modelo de la prensa Cinva-Ram, con el objeto de comprender mejor el sistema de compresión y desmoldeo de esta prensa. A partir de este modelo se decidió unir la tapa con la palanca para automatizar la apertura y el cierre.

La elaboración de esta prensa costó 250 US (1974). Todas las piezas fueron hechas a mano con una sierra para metal. Uno de los problemas en la realización fue la deformación de los laterales de la caja y la bandeja del pistón durante las soldaduras. Al soldar los refuerzos del molde

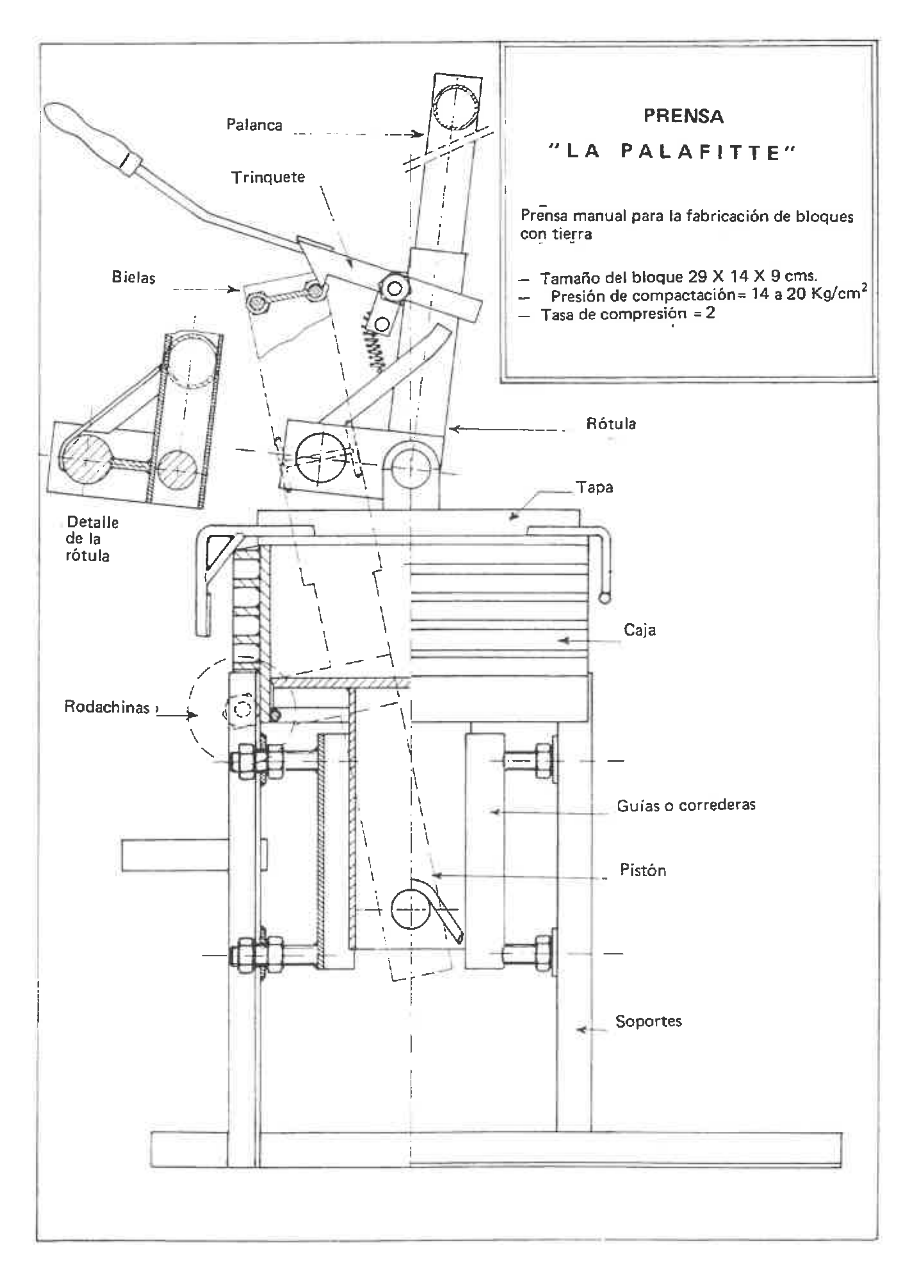


FIGURA 215: LA PRENSA "PALAFITTE" (CONSTRUIDA EN 1974 POR MIEMBROS DEL "CRATERRE"

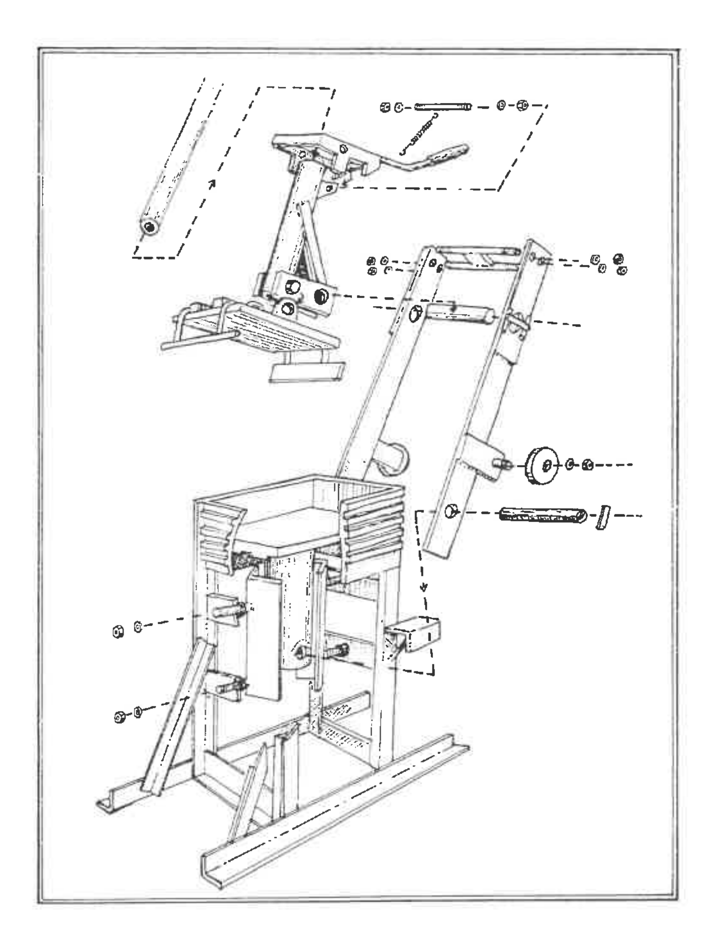


FIGURA 216: PRENSA "PALAFITTE"

las chapas se ajustaron por efecto del calor dificultando los esfuerzos para devolverles su forma anterior. Estas chapas más gruesas (12 mm en lugar de 8 mm) evitaron los refuerzos.

PRESION

Es difícil determinar la presión ejercida por el pistón porque la relación del brazo de palanca, a medida que se prensa, varía contínuamente. Si se baja la palanca hasta la horizontal para prensar la tierra, ésta remonta ligeramente unos diez grados. Este fenómeno se debe a la elasticidad de la tierra y a la presión ejercida sobre la prensa que retoma su volumen un instante más tarde. Se puede entonces calcular la presión final en un ángulo de palanca de 80 a 70 grados lo que da una presión de 9,5 a 4,4 Ton. es decir 23 a 10

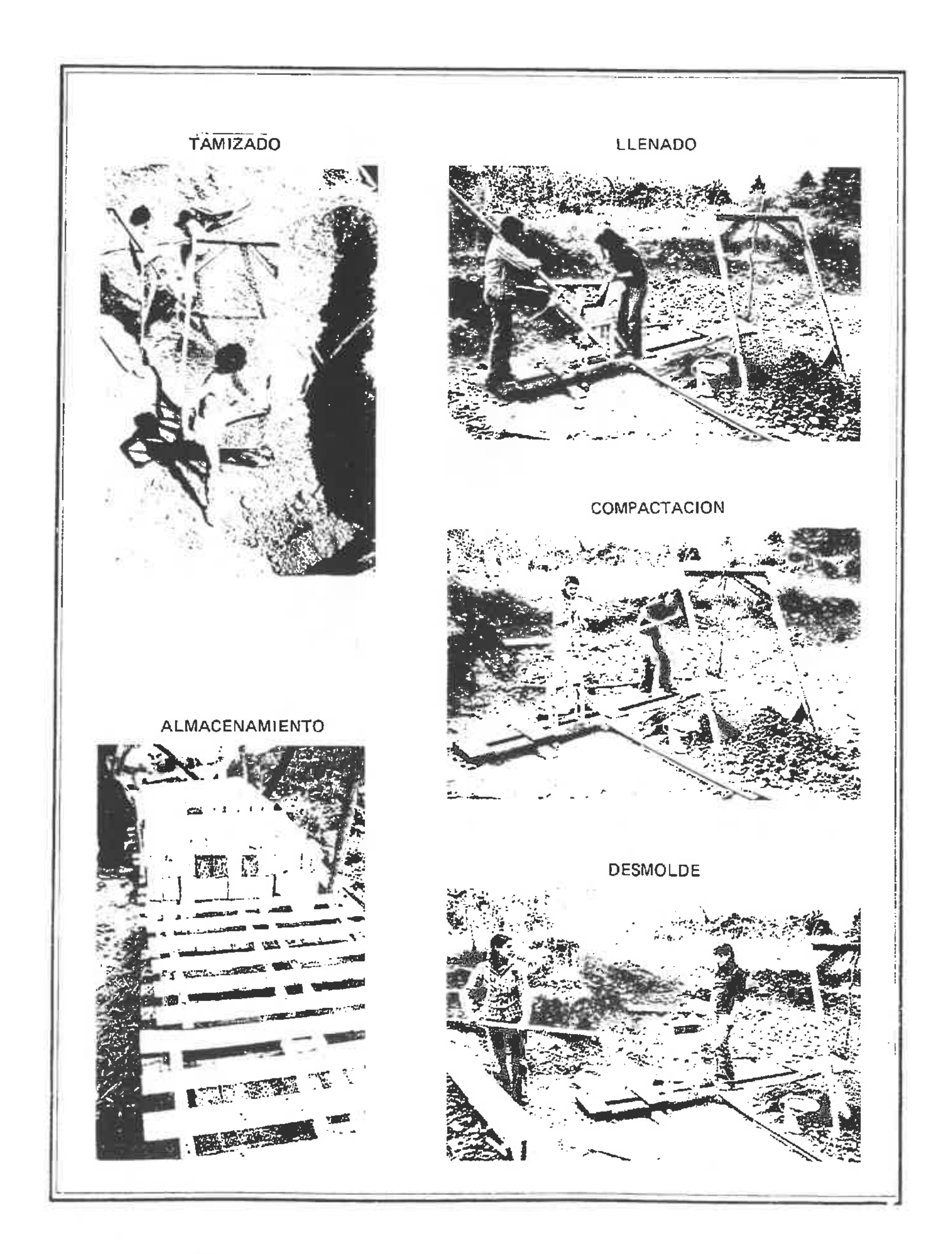


FIGURA 218: FABRICACION DE BLOQUES
(VIGNIEU-ISERE)

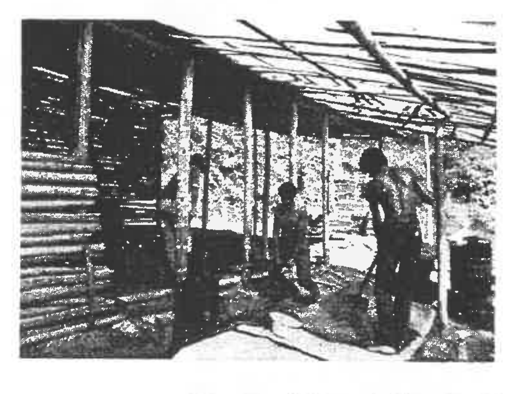
Proceso CINVA - RAM

FIGURA 217













kg/cm^2. Se puede contar por lo tanto con un promedio de presión de 16 a 17 kg/cm^2. Este valor se obtuvo por un cálculo teórico y no por una "medida de fuerzas".

FABRICACION DE UN BLOQUE
(fig. 217)

Llenado

En la mayoría de las prensas se debe introducir una cantidad precisa de tierra si se quiere obtener buenos bloques. Para esto, se puede utilizar una balanza o una pala dosificadora cuya capacidad corresponda a la cantidad de tierra a utilizar para la obtención de un bloque denso. Es después de haber fabricado varios bloques, a manera de ensayo, que se determina la cantidad. La tierra o debe contener gravillas (superiores a 5 mm) y el contenido de agua debe ser similar al utilizado en la tapia pisada.

Nota: No se puede reducir el largo ni el ancho de los bloques. Sólo el espesor puede ser disminuído colocando una pieza de madera sobre la bandeja del molde.

Compactación

La calidad depende la cantidad de tierra colocada en el molde. La compactación será correcta cuando el obrero descanse todo su peso sobre el extremo de la palanca para bajarla hasta la horizontal.

Desmolde - secado

El bloque recién compactado debe ser manipulado con precaución. Se desprende de la bandeja haciéndolo girar y se transporta enseguida al área de secado. Los bloques estabilizados con cemento o con cal deben someterse a un curado de una o dos semanas como mínimo para permitir un buen fraguado del estabili-

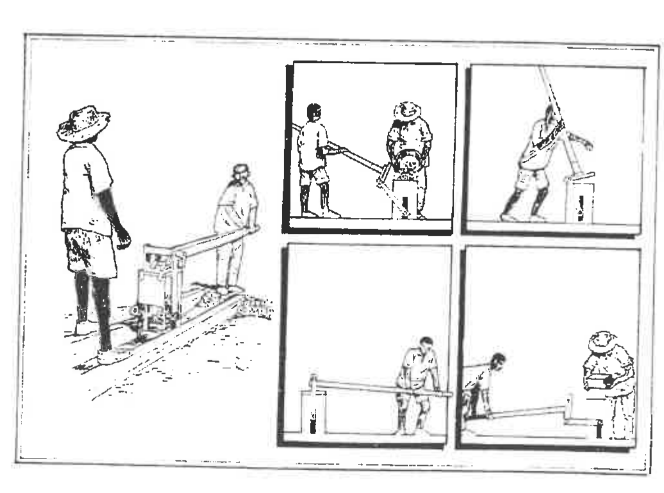


FIGURA 222: PRENSA TEK-BLOCK
LLENADO DEL MOLDE
COMPRESION
DESMOLDE

zante. Es preferible entonces colocalos unos contra otros en un lugar húmedo y cálido. Los bloques sin estabilizante y los que contienen asfalto se pueden secar más rápidamente.

SELECCION DE LAS PRENSAS COMERCIALES MAS IMPORTANTES

CINVA-RAM

Esta prensa manual ha sido perfeccionada en Bogotá (Colombia), en 1952 por el "Centro Interamericano de Vivienda CINVA". Es sencilla, sólida, económica y puede ser construida por un artesano. Esta prensa es ampliamente conocida y utilizada. A partir de ella se han creado modelos basados en el mismo principio *(fig. 219)*.

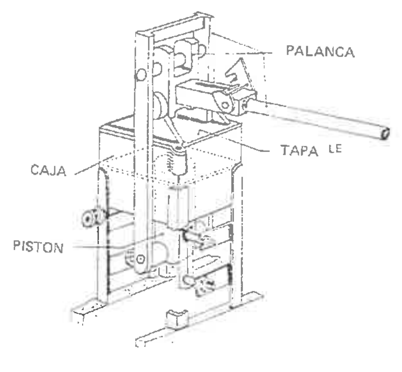


FIGURA 219: LA PRENSA CINVA-RAM

Caja: este es un molde metálico rectangular formado por cuatro platinas de 12 mms. de espesor montadas sobre cuatro soportes. Esto constituye la estructura del mecanismo. Se atornilla sobre un zócalo que asegura su estabilidad *(fig. 220)*

Tapa: han sido diseñadas dos tapas, la primera se suelta del molde y se coloca detrás de la máquina sobre dos soportes, la segunda gira alrededor de un eje situado a un lado del molde. Este es el modelo que se comercializa actualmente *(fig. 220)*.

Palanca: la palanca se coloca en dos entalladuras sobre la tapa. Transmite su movimiento al pistón por medio de dos bielas. En posición vertical, dos ganchos se liberan sobre un travesaño logrando un conjunto que integra la palanca y las bielas. La liberación de los ganchos se hace con la mano. El espacio "A" de los dos ejes de la palanca determina el recorrido del pistón e interviene en la tasa de compresión. El punto "B" es un punto débil que debe ser reforzado. Es aconsejable solicitar dos juegos de rodachinas como reserva "C" —si uno mismo las hace deben ser en acero calidad 50 Rockwell. Ciertos modelos se entregan sin la palanca. Se puede hacer en la obra, con un tubo metálico de dos metros; otras son entregadas con un brazo desmontable en tres partes.

Pistón: El pistón es un cilindro rematado por una bandeja rectangular y guiado por dos esquineras que se pueden regular (A). Es posible atornillar sobre esta bandeja una pieza de madera para realizar

bloques de formas especiales (huecos, ranuras, etc...).

Tec - Block

La Tec-Block es una prensa manual que ha sido perfeccionada en Ghana, por el Departamento de Investigaciones de la Vivienda y la Planeación*. Es el mismo tipo de máquina que la Cinva-Ram, sólo que el cierre y la apertura de la tapa son automáticos. El manejo es más fácil, y acelera el ritmo de producción.

El molde, la tapa y el pistón de compresión son en acero de 12 mms. así como las piezas sujetas a roce. Los rieles y la palanca son en madera. La máquina es entregada con rieles, palanca, tamiz, cajas de medidas y un libro con las instrucciones *(fig. 221)*. Nota: Si es entregada por Kimasi de SAFI, uno solamente recibe la prensa.



FIGURA 223: FABRICACION DE BLOQUES CON UNA PRENSA TEC - BLOCK

* Facultad de Arquitectura. Universidad de Ciencias y Tecnología. Kumasi - Ghana.

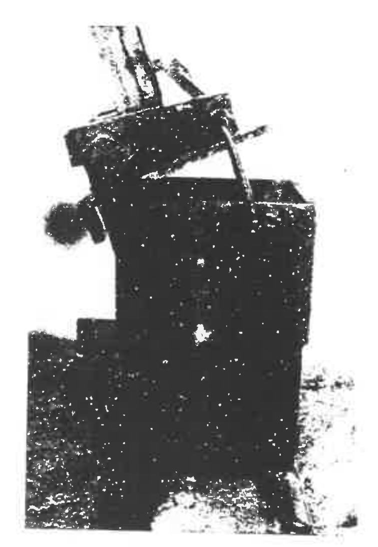


FIGURA 221: PRENSA TEK-BLOCK GHANA)

Ellson Blockmaster

Es una prensa manual fabricada en la India, existen cuatro modelos que producen cuatro tipos de bloque.

Descripción (fig. 225):

1) La palanca principal se introduce en la pieza No. 7,
2) Molde y tapa.
3) Apertura y cierre de la tapa comprendidas por una abrazadera rebatible y un árbol excéntrico.
4) Travesaño del pistón: dos travesaños se articulan entre las correderas No. 5 para guiar el pistón.
5) Correderas.
6) Biela principal que acciona el pistón.
7) Palanca dentada que gira sobre el pivote No. 8 en el momento de la

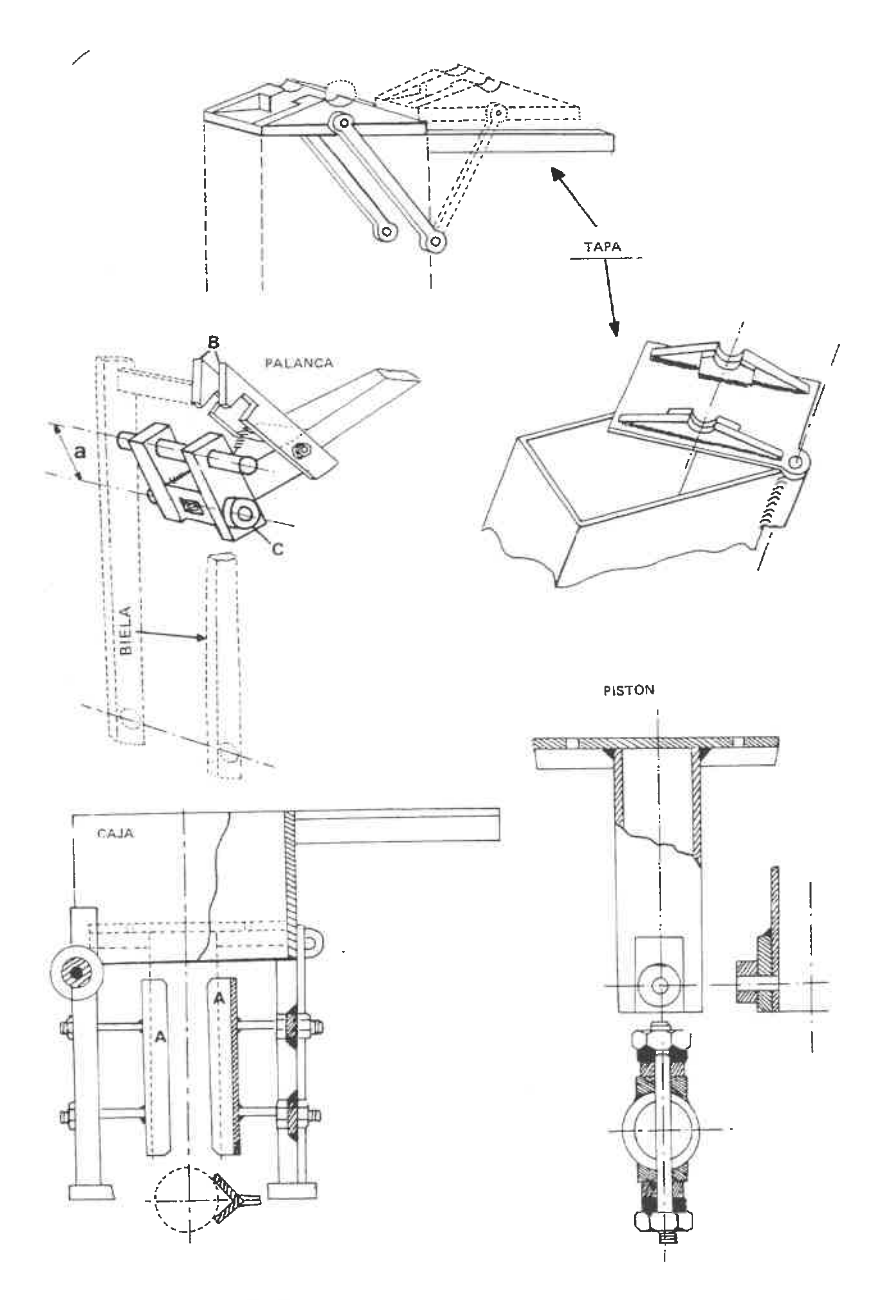


FIGURA 220: ELEMENTOS DE LA
PRENSA CINVA-RAM

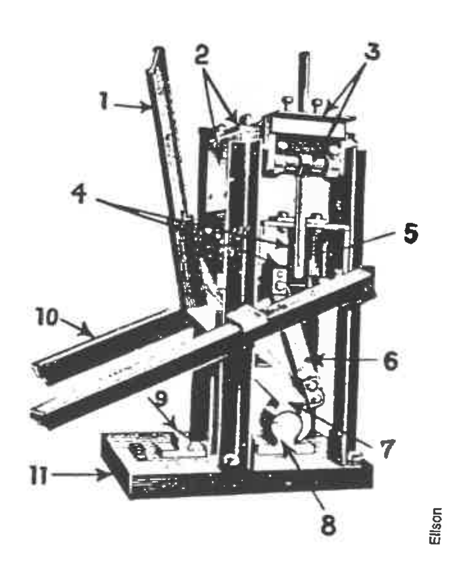


FIGURA 225: PRENSA ELLSON BLOCKMASTER

compresión. Cuando la palanca llega al tipo y sobre el segundo pivote No. 9, la compresión se termina. Se abre entonces la tapa y al bajar la palanca, el diente se suelta del pivote No. 8 produciéndose el desmolde.

8) Pivote de compresión.
9) Pivote de desmolde.
10) Soportes que aseguran la estabilidad de laprensa.
11) Zócalo.

"Testaram"

Esta prensa manual *(figs. 228-229)*, es algunas veces más conocida por el nombre de "Landcrete" y "Stabibloc". Es objeto de numerosas mejoras hoy, que la harán la mejor prensa manual disponible en el mercado. Las ventajas principales son:

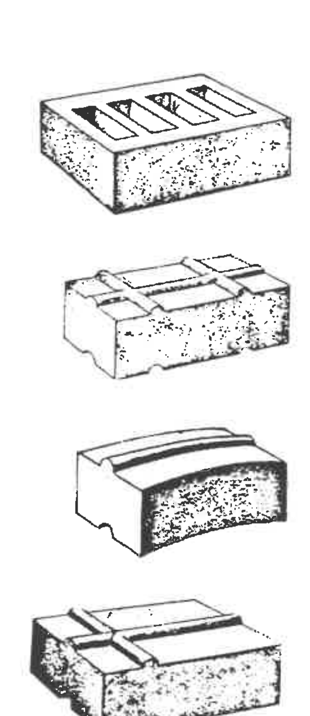


FIGURA 225 bis:
DIFERENTES FORMAS DE BLOQUES

— Buena presión
— Moldes intercambiables
— Solidez
— Caja para heramientas
— Precompactación por caja rebatible.

C. L. U. 2000

La originalidad de esta prensa hidráulica *(fig. 230)*, con bandeja giratoria, es que está equipada con un mezclador de eje horizontal de 140 litros y montada sobre un remolque, que permite desplazarla fácilmente. Esta prensa es fabricada en Alemania y comercializada


Una prensa de bloques
al trabajo:
La "block master"
de tierra...
...primero una buena dosis...
terminado el llenado,
la tapa es cerrada y
la palanca
se baja (sin mucho esfuerzo) haciendo subir el pistón
en el molde y prensando la tierra.
— subir el pistón
luego la tapa es
liberada y abierta...
y la palanca bajando el recorrido máximo
hace subir el bloque
he aquí un magnífico bloque de tierra prensado, que
una vez seco, servirá para la construcción de uno de
estos magníficos BUNGALOWS...

FIGURA 227

por un vendedor suizo que ofrece igualmente un estabilizante del cual hablaremos en el capítulo correspondiente (consolid, conservex). Original y atractiva pero muy costosa y de bajo rendimiento.



FIGURA 228: PRENSA TERSTARAM (O LANDCRETE) EL OBRERO ENCARGADO DE LLENAR EL MOLDE Y DE SACAR LOS BLOQUES AYUDA A LA COMPRESION

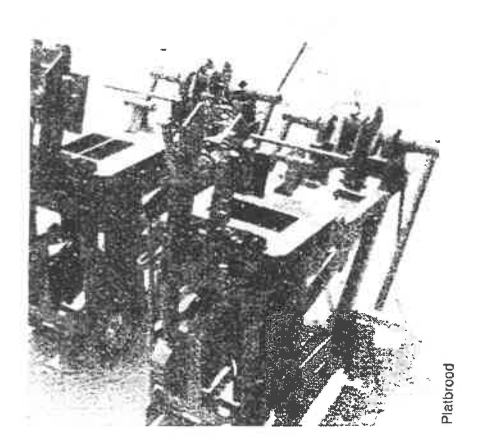


FIGURA 229: PRENSA TERSTARAM LA CADENA AL ENROLLARSE ALREDEDOR DEL ARBOL, LEVANTA LA PALANCA QUE ACTUA SOBRE EL PISTON

M. M. H. 2000

Esta prensa hidráulica, *(fig. 231)*, fabricada en 1976 por una firma inglesa de productos químicos. En Mauritania, un prototipo, la M.M.H. 4000, fue ensayada por la ADAUA durante más de un año en difíciles condiciones. Es gracias a este prototipo que la M.M.H. 2000 ha podido ser perfeccionada.

Principio: la máquina está equipada con una bandeja giratoria. Las tres operaciones: llenado, compactación y desmolde se hacen en una sola secuencia.

Llenado: la tierra se coloca con una pala para llenar el primer molde.

Compactación: se realiza en el primer tercio del recorrido de la bandeja, cuando el molde se coloca entre el pistón y el tablero de compactación.

Desmolde: en el segundo tercio del recorrido, se produce el desmolde.

Una secuencia completa toma alrededor de 40 segundos, durante los cuales se moldean tres bloques.

OTRAS PRENSAS COMERCIALES

A.B.I.

Esta prensa posee un pésimo mecanismo de compactación. Fue diseñada para la fabricación de bloques de cemento y no ha sufrido modifi-

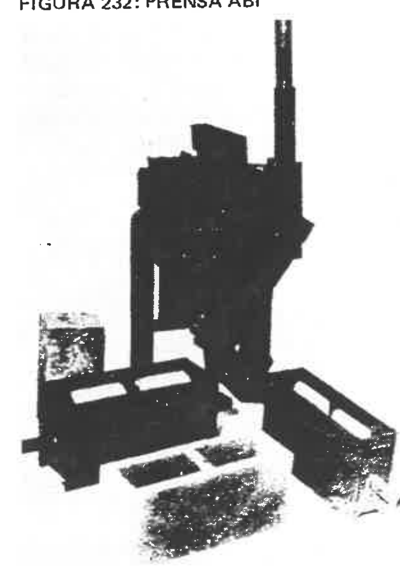


caciones para su empleo en la producción de bloques de tierra estabilizados *(fig. 232)*.

Hallumeca

No hemos tenido la ocasión de familiarizarnos con esta prensa *(fig. 233)*. Es una prensa mecánica potencialmente adaptable a la producción de bloques de tierra.

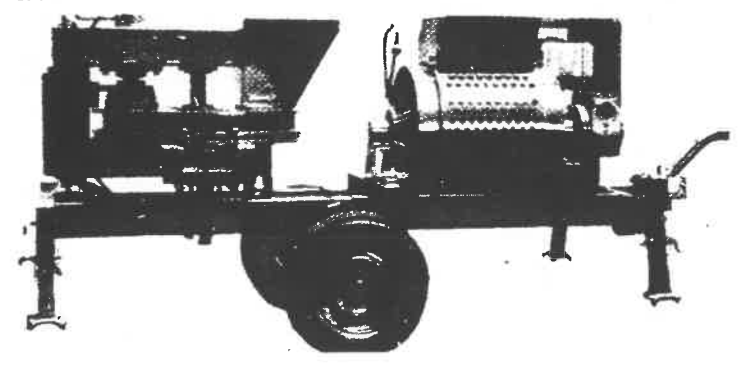
FIGURA 232: PRENSA ABI

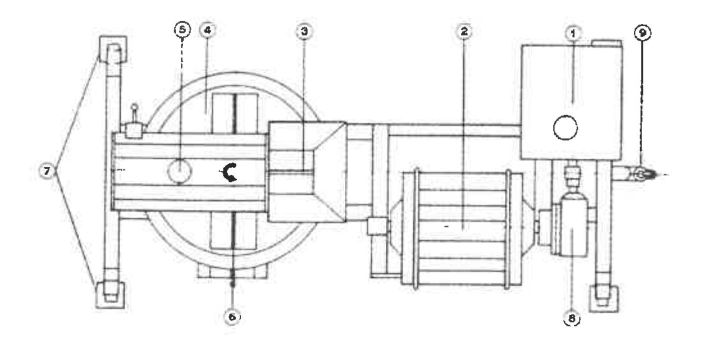


ABI

FIGURA 230: PRENSA CLU 2000

1. MOTOR DIESEL
2. MEZCLADOR DE PALETAS
3. TOLVA DE LLENADO
4. BANDEJA GIRATORIA
5. PRENSA
6. DESMOLDE
7. BASE
8. TRANSMISION
9. BARRA DE REMOLQUE

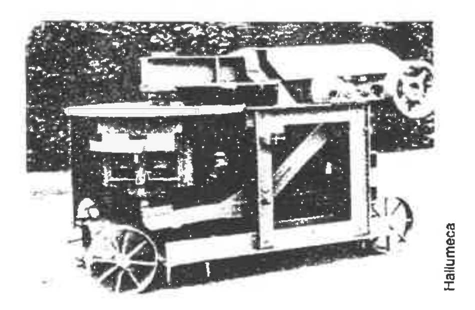




Consolid

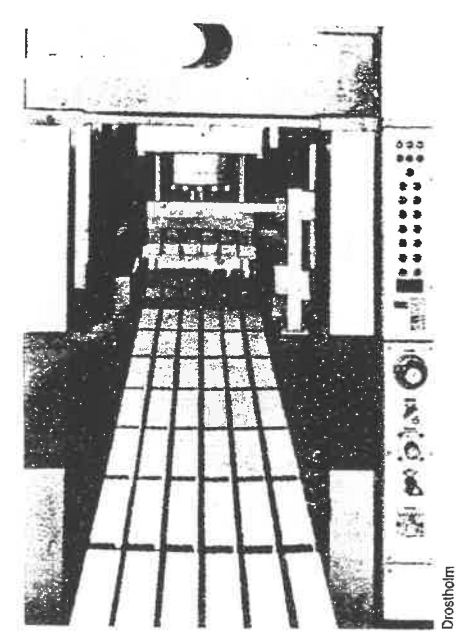
Drostholm 13

Esta prensa se vende con un estabilizante (Latorex) y requiere un montaje industrial para su funcionamiento. Hasta ahora sólo se han instalado dos prototipos, de los cuales aún no se tiene la evaluación. *(fig. 234)*



Hallumeca

FIGURA 233: PRENSA HALLUMECA



Drostholm

FIGURA 234: PRENSA DROSTHOLM L3

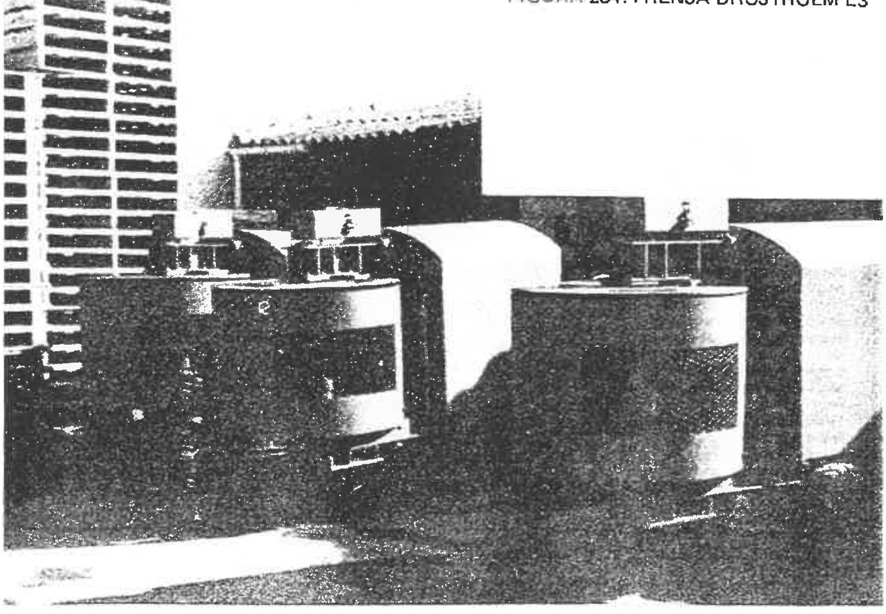
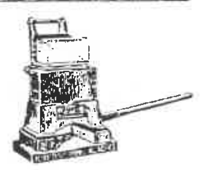


FIGURA 231: PRENSAS MMH 2000

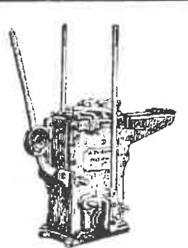
Museo de prensas

MACHINE A BRAS N° 1



La mezcla es compactada por apisonamiento de la tierra con una tapa pesada.
Se fabrica en bloque cada vez.
Material Bonmet.

PRESSE PM A BRAS

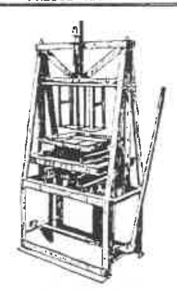


Prensa a compresión directa transmitida por un árbol acodado y una biela que eleva el pistón de compresión. Dos palancas transmiten el movimiento al árbol.

La palanca de vaciado permite la expulsión del bloque, dos obreros un bloque cada vez.

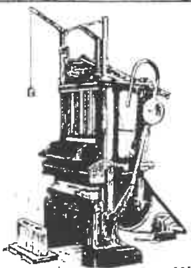
Presión: 10 a 15 Kg/cm^2.
Molde: 20 x 20 x 40
Material: Thiebault

PRESSE RAPIDE N° 5



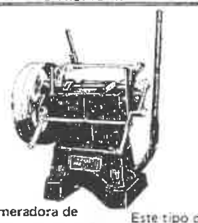
Prensadora de palanca con muelle antagonista.
Mano de obra: uno a dos obreros.
Peso de la prensa con uno o dos moldes y el pistón en caja 345 kg.
Material sociedad Franco-Alsacia.

MACHINE HOURDA TYPE C



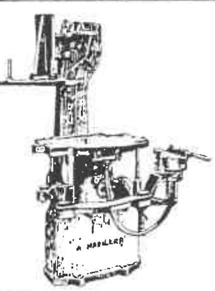
Prensadora con motor. El golpe se basa en el principio del martillo pilón (corredera de salida y el martillo ese por su propio peso). El golpe es seco.
Llenado de los moldes dos o tres veces, y prensado sucesivo.
Desmolde al subir los moldes máxima dimensión de los productos 70 x 30 x 29
fuerza necesaria: 2 cv. 1/2
peso para embalaje marítimo: 1850 kg.
material Bounet

DAMETTE N° 1



Máquina aglomeradora de motor. Se asegura la compactación por un pilón de 50 kg. accionado por una leva; un bloque cada vez, fuerza necesaria 2 cv, peso embalaje marítimo: 100 kg material Bounet.

MACHINE PNEUMATIQUE TYPE 810



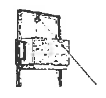
Este tipo de máquinas utilizada en la fabricación de moldes para fundición sirve para la compactación de tierra si se dispone de un compresor. La tabla con un pistón de 16 cms. de diámetro es accionado por compresión de aire de 6-7 kg. al interior del pistón un martillo completa la acción de aquel golpeando bajo la mesa a un ritmo de 800 golpes por minuto. En lo alto la contrabjandeja está fija verticalmente y oculta lateralmente.
Fuerza del compresor: 3 ev
Peso: 400 kg.
Material Marillier

He aquí ejemplos de prensas que no se encuentran en el mercado... pero que ofrecen algunas ideas...!!

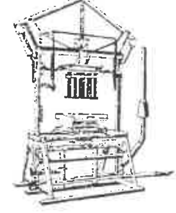


FIGURA 235

Museo de prensas

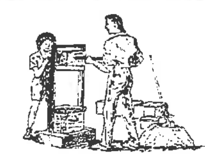


PILONNEUSE A BRAS TYPE PBB



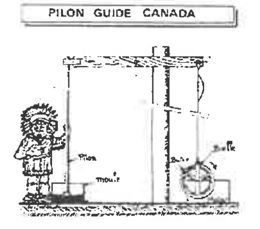
Apisonadora de palanca con muelle antagonista.
Mano de obra 1 a 2 obreros
peso neto: 500 kgs.
Material Bounet

PILON GUIDE SYSTEME D



El golpe está basado en el principio del martillo pilón guiado entre dos ángulos esquineros.
Molde 30 x 15 x 25
extraido de selecciones del sistema D No. 23

PILON GUIDE CANADA

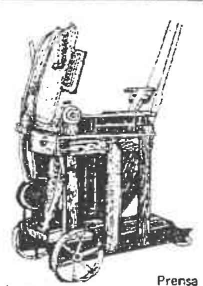


El operador guía el pilón para recorrer la superficie del molde lleno con tierra. El pilón golpea a razón de 75 golpes por minuto. Se requiere abrededor de 4 minutos para producir un bloque.
Universidad de saskatcheuvan
Askatoan Saskatcheuvan.

PRESSE EN BOIS

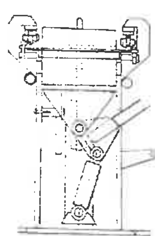
Diseñada por el BIT de Dakar y empleada en Africa Occidental.

HERCULEENNE



Prensa de palanca en acero que se entregaba con moldes que permitían fabricar bloques de 220 x 107 x 70 mms. Se disponía de otros formatos y moldes permitiendo; igualmente, producir baldosas, tejas, tubería...
Precursor de la S.M., Landcrete, terstaraun...
Villers Peruvin

PRESSE CURER



Prensa diseñada en la Universidad de Constantine, Algeria.
Prototipo dimensón (l x a x alto) 38 x 48 x 75 cms.
Peso neto: 100 kg.
Presión en Kg: 10 a 20 f/cm^2
Tasa de compresión: 1.28
Profundidad máximo del molde 120 mm.
Recorrido máximo bandeja 30 mm.

Dimensiones de los bloques 25 x 12 x 9.8
Producción por días 300
Cantidad de obreros 2.

FIGURA 236

Museo de prensas

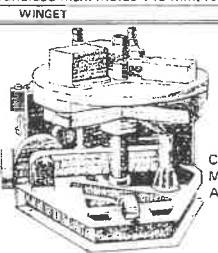
LA MAJO

Prensa mecánica de motor, realiza la operación de prensado y desmolde en 2.5 segundos. La producción está dada por la relación entre el tiempo utilizado parael llenado de los moldes y retiro de los bloques.
Dimensiones (l x a x alto) 66 x 200 x 108 cms. peso neto 720 kg. Motor a galosina o eléctrico. Tasa de compresión 1.65 bloques: 29.5 x 14 x 8.8 cms. Producción por día 9.600 profundidad máx. molde 145 mm. recorrido máximo de la bandeja 58 mm. Material Villers Peruvin.

LA MAJOMATIC

Prensa mecánica de bandeja giratoria con llenado a compresión y repulsión sincronizada. Dimensiones (l x a x alto) 60 x 200 x 120 cms. Peso neto: 1500 kg. Motor de gasolina 3 cv: 1 l/h Diesel 5;5 cv: 1,5 l/h tasa de compresión: 1.6 bloques 30 x 23,5 x 8 cms producción diaria: 4000 profundidad máxima molde 128 mm recorrido máximo de la bandeja 40 mm. cantidad obreros: 3 material Villers Peruvin. Similar a la prensa hallunera.

WINGET

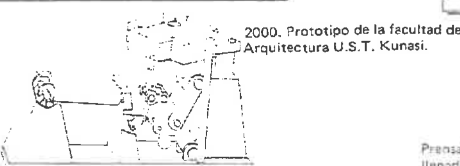


Prensa hiráulica de bandeja giratoria con llenado a compresión y desmolde sincronizado. Peso neto: 1800 kg motor a gasolina. Presión en kg. 75 F/cm^2.
Dimensiones de los bloques 30 x 15 x 10 cms.
Cantidad de bloques por día: 1120
Material Winget Works. Rochester, ME 24 AA-6.8.

10 P 11 P

Prensa hidráulica de bandeja giratoria con llenado a compresión y desmolde sincronizado. Peso neto 1800 kg. motor a gasolina. Presión en kg. 75 F/cm^2. Dimensión de los bloques 30 x 15 x 10 cms. Bloques por día: 1.120. Material Guilbon Barthelimy 18 route de Wpmt Favet 84. Avignon. Tipo parecido al de Wiuget.

POWER TEK BLOCK



Prensa hiráulica de bandeja giratoria con llenado a compresión y desmolde sincronizado.
Dimensiones (l x a x alto) 56 x 11,3 x 56
Presi-n en kg. 24 F/m2
Dimensiones (l x a x alto) 56 x 11,3 x 56
Presín en kg. 24 F/m^2. Dimensiones de los bloques 30 x 22 x 15 cms. Producción diaria 2000. Prototipo de la facultad de Arquitectura U.S.T. Kunasi.

MMH 4000



Prensa hidráulico de bandeja giratoria con llenado a compresión y desmolde sincronizado. Dimensiones (l x a x alto) 100 x 230 x 150 cms. Peso neto: 1200 kg. Motor diesel Bernard 20, ev. Tasa compresión: 2,8. Profundidad máxima del molde: 225 mm. Recorrido máximo de la bandeja: 120 mm. Dimensiones bloques 29.5 x 14 x 8.8 cms. producción diaria: 4000. Material Villers. Peruvin.

FIGURA 237

PRODUCCION DE LAS PRENSAS COMERCIALES

Producción	Prensa	Producción diaria (bloques)	Costo (F.F.)	Peso neto (kg)	Presión (kg F/cm²)	Prensas disponibles
Bajo	Manual	300 à 1200	1000 à 4000	63 à 290	7 à 20	– ABI – TEKBLOCK – CINVA RAM – ELLSON BLOCKMASTER SM et TERSTARAM
Media	Hidráulica	2000 à 2800	45000 à 70000	1500	20 à 40	– MMH 2000 – CLU 2000
Alta	Mecánica	8000 à 16000	35000 à 65000	1500		– HALLUMECA B 75, B 100, B 150, B 200
Muy alta	Hidráulica	10000 à 72000	200000 à 9000000	10000 à 16000	20 à 60	– DROSTHOLM L 3

UN PROYECTO DE MAMPOSTERIA EN BLOQUES PRENSADOS EN ROSSO (MAURITANIA)

Para ilustrar esta técnica hemos solicitado a la ADAUA, (instituto africano de asistencia para el habitat), presentar el proyecto ejecutado en Rosso, en zona de tugurios, dentro de un programa de vivienda popular y de recuperación urbana en la población de Satara *(fig. 238-239-240).*

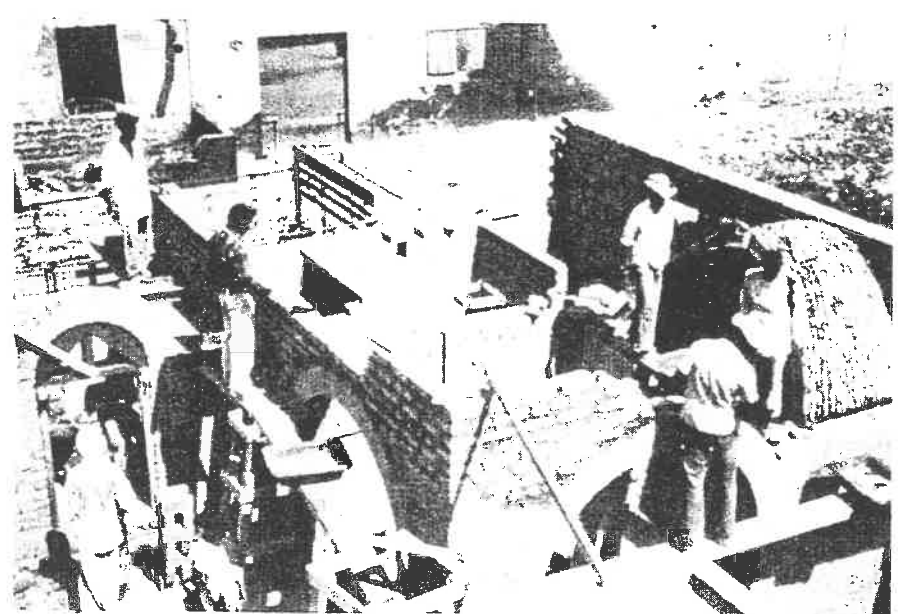

ADAUA

FIGURA 238: OBRA EN ROSSO (MAURITANIA)

Objetivos desarrollados:

— utilización de materiales locales, mejorados, económicamente accesibles a los más pobres suprimiendo la dependencia de materiales importados o inadecuados.
— capacitación de la mano de obra en estas nuevas técnicas,
— creación de empleos mediante la construcción de programas de Habitat popular, con el apoyo a cooperativas de obreros y de artesanos.
— creación de unidades de producción (bloqueras) capacitando la mano de obra.
— difusión entre las poblaciones beneficiadas de las técnicas de mejoramiento del habitat a través de la autoconstrucción dirigida.

Los estudios, investigaciones y realizaciones técnicas emprendidas por el grupo de talleres en el lugar, especialmente por el taller de materiales han logrado:

— la creación de una bloquera utilizando los materiales locales con estabilizantes. Estos materiales de calidad superior responden mejor a las condiciones económicas, sociales y climáticas del país, y su precio es inferior al de los productos importados.
— la utilización de nuevas técnicas basadas en las antiguas de construcción de las regiones del Sudán y del Sahara: bóvedas y cúpulas.

El taller de Materiales Locales

Está compuesto por dos ingenieros africanos y un técnico en formación. El primer problema fue la búsqueda de tierras y la composición de la mezcla arcilla/arena y agua del primer bloque que respondiera a las normas. Una prensa manual tivo Cinva-Ram, permitía la fabricación de bloques prensados. Una prensa similar ha permitido producir bloques llenos estabilizados y bloques huecos para los ensayos de las primeras bóvedas, arcos y cúpulas.

Una prensa hidráulica prototipo MMH 4000 para la fabricación de 4.000 bloques por día, estabilizados con una alta compresión.

Se instaló un laboratorio para el análisis de las tierras, los análisis de compresión y el seguimiento de las mezclas provenientes de diversas canteras.

EN RESUMEN: el equipo posee un conocimiento constructivo especialmente en bóvedas, cúpulas y arcos. La estabilización y las prensas ofrecen excelentes resultados. Los bloques actuales cuestan alrededor de la mitad del precio y son de mejor calidad y acabado que los bloques de cemento que se emplean actualmente en Mauritania. El agua no afecta este material. Los ensayos



FIGURA 239: OBRA EN ROSSO

de aislamiento garantizan el "confort" térmico que requiere el clima de la región.

Están actualmente en estudio:

1) Estabilización con productos naturales y locales,
2) Pañetes y pinturas,
3) Bloques estabilizados y perforados (ensayos de resistencia de cúpulas y de bóvedas).

— Carpeta Mezcladoras. (Se prepara una nueva edición).

— Proyecto de habitat Popular en Mauritania, urbanización de la zona Satara, en Rosso. Francés-inglés. Rosso, Abril de 1978. Ilustraciones, fotos y planos.

— Introducción: Objetivos y realizaciones de la ADAUA.

— Capítulo 1: Análisis de la ciudad de Rosso.

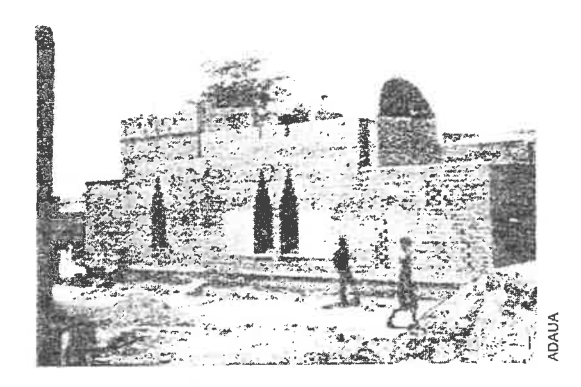

ADAUA

FIGURA 240: OBRA EN ROSSO

Publicaciones ADAUA

— Hábitat popular en la República Islámica de Mauritania, 1975. (Agotado).

— Programa de habitat popular en Rosso (RIM), obra experimental. Objetivos, desarrollo de la obra, materiales, fabricación de bloques y capacitación, construcción, capacitación en obra.

Rosso, Octubre 28 de 1977. Francés, inglés.

— Carpeta Prensas. (Se prepara una nueva edición).

— Capítulo 2: Propuesta para la urbanización de la zona de Satara.

Estas obras se encuentran disponibles en el Secretariado de la ADAUA, route de Ferney 1202, Genève.

CONSTRUIR EN TAPIA PISADA, EN ADOBE O EN BLOQUES PRENSADOS

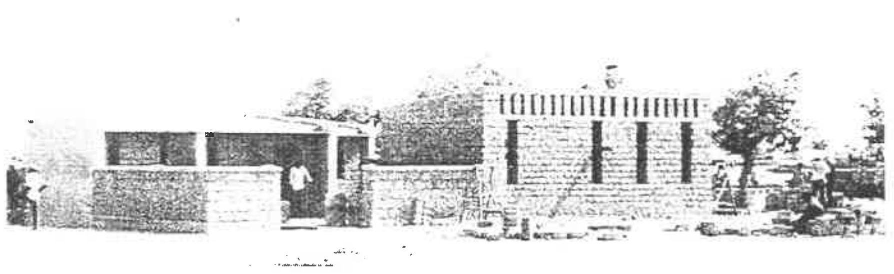
La elección de un procedimiento de construcción depende de una cantidad de factores de orden tec-

nológico, económico, climático o cultural. Establecer los elementos para la elección requiere un conocimiento de todas estas variables y sus interacciones. No esperamos aquí dar un esquema definitivo del proceso de decisión, sino aportar elementos que permitan situar mejor el problema. Trataremos sobre tres técnicas, la tapia pisada, el adobe y los bloques prensados, haciendo intervenir criterios tecnológicos: tiempo del proceso constructivo, características del material obtenido y dificultades en la ejecución.

La tierra: si la tierra disponible al rededor de la casa es la correcta, el problema se resuelve fácilmente. Recordemos sin embargo, que una tierra que contenga gravillas y piedras deberá ser tamizada para producir adobes o bloques prensados, mientras que la misma puede ser utilizada tal cual para la tapia pisada. Si por diversas razones, la tierra del sitio no es la apropiada es necesario considerar su transporte. Este problema se plantea de una manera diferente según el contexto económico regional. En Francia el transporte aunque costoso se puede asumir. En efecto, todos los materiales de construcción convencionales se transportan, en general en distancias de 10 a 30 kms.; por ejemplo las gravillas y las arenas para el hormigón o las arcillas para los ladrillos. En algunos casos puede ser interesante aprovechar una tierra ya extraída, se requiere entonces de fábricas móviles, excavación y remoción de la tierra...

En la elección de la técnica de construcción intervienen ahora las características mecánicas buscadas. El cuadro siguiente presenta los resultados de un experimento sobre diferentes muros de tierra.

(1) Mortero pobre, dosificación: 200 kg de cemento y 125 kg de cal hidráulica por m^3 de arena.
(a) *Flexión:* el muro está reforzado con una viga superior y otra infe-



Marcel Demunynck

FIGURA 224: CONSTRUCCION CON BLOQUES PRENSADOS EN CISSIN, OUAGADOUGOU (ALTO VOLTA)

TIPO DE MURO	COMPRESION (kg/cms^2)	FLEXION (a) (kg/cm^2 de sección muro)	PERFORACION (b) (kgs.)
Tierra no estabilizada			
ADOBE construido con mortero 1	6,84	0.03	450
TAPIA PISADA volumen 2 kg/dm^3	6,16	0,028	450
Tierra estabilizada			
ADOBE estabilizado al 5,6% emulsión de asfalto mortero (1)	5,5	0,04	450
TAPIA PISADA estabilizada con cemento	45,73	0.05	450
BLOQUES PRENSADOS estabilizados con cemento mortero (1)	57.05	0,05	450

rior. La carga es horizontal y se reparte sobre dos tubos metálicos horizontales separados 1,20 mts. En los muros de bloques, la rotura se produce en las juntas.
(b) *Perforación:* la carga se aplica horizontalmente en el extremo de un cilindro de dos cms. de diámetro colocado en el centro de un bloque.

Muros:
— en bloques h: 2,45 mts.; 1: 1,2 mts.; espesor: 0,3 mts.
— en tapia pisada: h: 2,45 mts; 1:2, 4; espesor: 0,35 mts.
Adobes (estabilizados o no):
— dimensiones: 39x30x12 cms.
— resistencia a la compresión (de un bloque completo):
35 a 44 kg/cm^2
Bloques prensados:
— dimensiones: 30x26x21 cms.
— resistencia a la compresión de un bloque completo: 110 kg/cm^2.

Las cifras presentadas en este cuadro son especialmente interesantes si se comparan entre ellas; su valor absoluto debe ser considerado a título indicativo. Una primera constatación se impone: las resistencias de los muros no estabilizados en tapia pisada y en adobe, son equivalentes. Sólo el aporte del cemento aumenta

la resistencia a la compresión y a la flexión, el asfalto tiende a debilitar los muros. La pregunta a resolver es entonces la siguiente: es necesario reforzar el material con un estabilizante ¿cemento, cal, otros?. Según las recomendaciones técnicas, la resistencia de estos muros es suficiente para una construcción de un solo piso, con muros de 40 cms. de espesor. Por otra parte, se han hecho ensayos sobre los mismos para medir la impermeabilidad, es decir su resistencia a la lluvia.

Tapia pisada estabilizada con cemento	buena
Adoble estabilizado con asfalto	bueno
Bloques prensados	regular
Bloques estabilizados	regular
Adobe	regular
Tapia pisada	regular

Nota: En este experimento, el mortero es muy pobre para la resistencia de los bloques. Parece entonces que solamente la estabilización aporta una solución satisfactoria al deterioro producido por la lluvia. Pero no hay que olvidar todas aquellas casas de tierra en Bretaña y en Dauphiné, algunas construidas hace ya varios siglos.

Queda entonces la pregunta sobre el tiempo del proceso constructivo que varía según la técnica utilizada. El siguiente cuadro compara la cantidad de muro realizado por una persona en una jornada (sin la extracción de la tierra)

	Tapia Pisada (d)	Adobe (e)	Bloques Prensados (f)
Area de muro en m^2 (c) realizada por una persona en una jornada —en tierra no estabilizada	3	2,1	1,5
— tierra estabilizada	2,5	2,0	1,2
Equipo mínimo necesario	— formaleta — pisón	— tamiz — molde — mezclador	— tamiz prensa
Cantidad mínima de personas en obra	2 a 3	1	2
Grado de dificultad	alto	medio	bajo

(c) muros: de 40 cms. de espesor
(d) tapia pisada: colocación de la formaleta
llenado y apisonado
desmolde
(e) adobe: tamizado
mezclado
moldeado
elevación del muro
(f) bloques prensados:
tamizado
fabricación de bloques
elevación del muro

Las cifras mencionadas han sido fijadas a partir de rendimientos de mano de obra especializada, pueden variar de 1 a 5, de una mano de obra no especializada a profesionales en la construcción. La tapia pisada aparece aquí como el proceso más rápido, pero es necesario tener en cuenta el grado de dificultad para su aplicación. La tapia pisada, en efecto, requiere un buen conocimiento de la construcción: planos precisos, coordinación del equipo, precisión en la instalación de las formaletas... Las construcciones en mampostería permiten un control permanente en la fabricación de los bloques y en la elevación de los muros, es decir "rectificar los errores" y una mayor libertad en el diseño.

Hay otros factores a analizar: posibilidad de repartir el trabajo durante el año, tiempo de secado, cantidad de personas disponible, complejidad de la edificación, entre otros.

Cualquiera que sea la técnica escogida lo importante es encontrar soluciones sencillas y realizar una construcción durable y de calidad.

Glosario

ADOBE: Masa de arcilla o de tierra arcillosa sin cocer, a veces mezclada con paja que una vez moldeada se deja al aire para que tome solidez. Sus medidas varían según cada región.

ADOBERA: Molde para hacer adobe.

ADOBON: Pedazo de tapia que se hace de una vez. En Colombia tapia pisada.

AGUJA: Barra de hierro o pieza de madera que sirve para mantener paralelos los tableros de untapial.

ASFADOBE: Adobe estabilizado con asfalto.

ATAKWA: Define el muro conformado por hiladas en bandas de cuarenta centímetros de alto y veinte o 30 centímetros de espesor. La tierra mezclada con los pies es moldeada con las manos en el sitio. Este tipo de construcción es utilizado en el Alto Volta, Togo y Benin.

BAHAREQUE O BAJAREQUE: Nombre latinoamericano que designa una estructura vegetal de mandera o bambú con relleno de tierra mezclada con fibras vegetales.

BANCO: Ver Bahareque. Utilizada en Africa y por extensión designa toda pared elevada con una proporción de tierra mezclada.

BAUGE: Palabra francesa que designa una mezcla de tierra y paja usada para construir muros sin el empleo de formaletas. (Bousillage, Cob, moldeado directo).

BIGOTS: Nombre empleado en el norte de la Vendee (Francia) para designar las pilas de tierra utilizadas para la construcción de un muro (ver Bauge).

BLOQUE DE TIERRA PRENSADO: La tierra es apisonada en un molde o compactada con una prensa.

BLOQUE DE TIERRA RECORTADO: El bloque es recortado directamente en la cantera.

BOLAS DE TIERRA: Tierra mezclada con paja, como para el adobe. Las bolas que se han moldeado se dejan secar, para ser posteriormente colocadas en el muro.

BOUSILLAJE: Ver Bauge.

CAJON: Tipo de construcción por la cual se construyen paneles con una mezcla de tierra. Se asemeja al Colombage Garnisage-Clayonnage.

CESPEDON: Casa cuyos muros y algunas veces el techo, son construidos con cespedon

(pedazo de grama). Generalmente se coloca el lodo vegetal hacia abajo. Este tipo de construcción ha sido utilizado en E.U., originario de Nebraska y Kansas, llamado "Sod o Soddys".

COB: Utilizado en Gran Bretaña designa al barro mezclado con paja desmenuzada, cal y, a veces, una pequeña cantidad de agregados (guijarros).

CODAL: V. Aguja.

COLOMBAGE: Estructura de madera cuyos vacíos se llenan con ladrillos, bloques, adobe o con "clayonnage-garnisage"

CLAYONNAGE–GARNISAGE: Ver Quincha.

COSTAL: Cada uno de los listones de madera que sirven para mantener los tableros de los tapiales en posición vertical.

CHIKA: Pasta de tierra en Etiopía.

DAGGA: Mezcla de arcilla, arena y agua, utilizada como mortero en la construcción con bloques de tierra y en el pañete de los muros. Se le agrega generalmente un estabilizante.

GAVERA: Ver adobera.

GEOBETON: Designa el hormigón de tierra, utilizado según el proces Geotek.

GREDA: Arcilla arenosa.

HORMIGON: Mezcla de aglomerante, arena y grava, cascote o canto rodado, amasada con agua. Según el aglomerante empleado, el ormigón es de cemento o de cal; si entran ambos componentes se llama bastardo.

HORMIGON DE TIERRA: Termino reciente se refiere a una mezcla dosificada de gravillas, arenas y limos, aglomerados por la arcilla.

HORMIGON DE TIERRA ESTABILIZADA: Hormigón de tierra en el cual un estabilizante (cal, por ejemplo) mejora las cualidades del material (resistencias, etc.).

IGUALA: Listón de madera con el que los albañiles reconocen la llanura de las tapias o de los suelos. Maestra. Regla o reglón.

JALOUS: Termino utilizado en Sudán para designar el barro mojado y pegajoso colocado en capas sucesivas.

KUTCHA: Vivienda temporal con pared de barro y techo de paja en la India.

MECATER: Designa el hormigón de tierra estabilizado.

MOLDEADO DIRECTO: Ver Bauge, Cob, Atakwa.

PIOCHA: Herramienta de albañil con una boca cortante que sirve para desprender los revoques de paredes y para descafilar ladrillos.

PISON: Instrumento cilindrico o de otra forma prismática pesado y provisto de mango, propio para aplastar piedras, apretar y compactar tierras, etc.

POT-O-POT: Barro.

QUINCHA: En esta técnica se recubre con barro una estructura o tejido de cañas. ("Wattle and Daub" en Inglés).

SWISH O ATEHEPANE: En Ghana, laterita colocada en capas alisadas de cuarenta y seis centímetros de altura.

TAIPA: Clayonnage - garnisage, de origen portugués.

TAPIA: Término empleado en el Perú. Proceso que designa la elevación de una pared rellenando un tapial y apisonándolo. En Colombia "tapia pisada", en Francia "pisé". Tapia pisada reai: la que se forma mezclando la tierra con una parte de cal.

TAPIAL: Molde compuesto por dos tableros apuntalados por los costales y las agujas, para formar tapias.

TAPIA FUNDIDA: Tierra en estado líquido que se funde en encofrado. Se puede realizar en una operación a lo largo del muro o progresivamente. Las fisuras producidas en el secado pueden ser rellenados posteriormente.

TERONI: Similar a la construcción con adobe, o con "soddys": los bloques de cespedón secados al sol se utilizan para la construcción de muros. Todavía permanece en buen estado una iglesia construída en Nuevo México, en 1621 con esta técnica.

TERRACRETE: Hormigón de tierra estabilizado con cemento en E.E.U.U. Tierra estabilizada: Designa la mezcla de arcilla arenosa, agua y algún agente estabilizante con el objeto de aumentar la resistencia al agua. Esta mezcla se utiliza también en la construcción de vías.

TORCHIS: Mezcla de tierra, agua y fibras que se coloca sobre una estructura de madera. De origen francés.

TOUB: Ladrillo sin cocer, árabe y francés.

TUBALI: Término del oeste de Africa, originario de Nigeria, designa los bloques piriformes elaborados a mano a partir deuna mezcla de tierra, de agua y de hierbas frescas o secas. Son colocados en tres o cuatro hiladas cuidando que las partes irregulares queden sobre el mortero.

WATTLE AND DAUB: Ver Quincha.

Bibliografía

- **Editions Parenthèses**

Les Plâtrières - 13360 Roquevaire France

- **Krauthammer**

24 Obere Zäune - 8001 Zürich Suisse

ALEMAN

Architektur der Verganglichketi Lehmbauten der Dritten Welt
Adam, J.A. et al
München, Die Neue Sammiung Staadliches Museum für angewandte Kunst, 1981

Wohn-und Siedlungsformen im Süden Marokkos
Adam, J.A.
München, Georg D.W. Callwey, 1981

Lehmarchitektur. Die Zukunft einer vergessenen Bautradition
Dethier, J.
München, Prestel, 1982.

Auch in Lehmhaus lässt sich's leben
Gardi, R.
Paris-Bruxelles, Elsevier Séquoia, 1974.

Lehmarchitektur, Rückblick-Ausblick.
Gate
Frankfurt am Main, Gate, 1981.

Lehmarchitektur in Spanien und Africa
Lender H., Niermann, M.
Langewiesche, Karl Robert, 1980.

Alternatives Bauen
Minke, G.
Kassel, Gesamthochschule, 1980.

Der Lehmbau, seine praktische "Anwendung"
Niemeyer, R.
Grebenstein, Oko, 1982.

Am Anfang die Erde-sanfter Baustoff Lehm
Schneider, J.
Frankfurt/Main, Fricke im Rudolf Müller, 1985

Leichtlehmbau
Volhard, F.
Karlsruhe, CF Müller GmbH, 1983.

Die Lehmarchitektur der Pueblos
Wienands, R.
Köln, Studio Dumont, 1983

INGLES

Adobe codes from around the south west
Adobe News
Albuquerque, Adobe News, 1985.

Mud, mud
Agarwal, A.
London, Earthscan, 1981

Build your own adobe
Aller, P. and D.
Stanford, Stanford university press, 1978

Dirt cheap, the mud brick book
Archer, J. and G.
Melbourne, Compendium Pty, 1980.

The sod house
Barns, C.G.
Lincoln/London, Bison book, University of Nebraska press, 1970.

Making the adobe brick
Boudreau, E.H.
California, Fifth Street press, 1974

Spectacular Vernacular, a new appreciation of traditional desert architecture
Bourgeois, J.L.; Pelos, C.
Salt Lake City, Gibbs M. Smith, 1983

Early architecture in Mew Mexico
Bunting, B. et al.
Santa Fe, Fort Burgwin research center Museum of New Mexico, 1975

Of earth and timbers made
Bunting, B.; Lazar, A.
Albuquerque, University of New Mexico press, 1975

Soil cement, its use in building
CINVA
New York, United Nations, 1964

African traditional architecture
Denyer, S.
New York, Africana, 1978.

Mud Brick roofs
Department of housing and urban development
Washington, Office of International Affaires, 1973

Down to earth, mud architecture: an old idea, a new future
Dethier, J.
London, Thames and Hudson, 1982

The rammed earth experience
Eastern, D.
Wilseyville, Blue Mountain press, 1982

Home sweet dome
Ebert, W.M.
Frankfurt am Main, Dieter Fricke GmbH, 1981

Architecture for the poor
Fathy, H.
Chicago, University of Chicago press, 1973

Manual on stabilized soil construction for housing
Fitzmaurice, R.
New York, United Nations, 1958

Rural shelter in Southern Africa
Frescura, F.
Preoria, Sigma press, 1981

Adobe designs
Gano, E.J.
Pueblo, Gano, 1980

How to build adobe houses... etc.
Garrison, P.
USA, Tab books, Blue Ridge Summit, 1979.

Mud space and spirit
Gray, V.; Macrae, A.
Santa Barbara, Capra press, 1976

Adobe a comprohensive bibliography
Hopson, R.C.
Santa Fe, The lightning tree, 1980

Holy Adobe
Hughes, L.H.
El Paso, Hughes publishing Co, 1981

The manufacture of asphalt emulsion stabilized soil bricks and bricks makers manual
International Institute of Housing Technology
Fresno, IIHT, 1972

Local materials. A self builder's manual
Kahane, J.
London, Publication Distribution Co-operative, 1978

Rammed earth
Kern, K.
Owner builder publications California, 1980

The owner built home
Kern, K.
New York, Charles Scrrbner's Sons, 1975

We are what we stand on
Knox, A.
Eltham, Adobe press, 1980

Adobe, past and present
Lumpkins, W.
Albuquerque, University of New Mexico printing plant, 1974

Casa del Sol
Lumpkins, W.
Santa Fe, Santa Fe Publishing Co, 1981

Adobe and rammed earth buildings
McHenry, P.G.
New York, John Wiley and Sons, 1984.

Adobe, build it yourself
McHenry, P.G.
Tucson The University of Arizona press, 1974

Build your house of earth
Middleton, G.I.
Victoria, Compendium Pty, 1979

Manual for building a rammed earth wall
Miller, L. and D.
Greeley, REII, 1980

Rammed earth, a selected world bibliography
Miller, L. and D.
Greeley, REII, 1982

The owner-built adobe house
Newcomb, D.G.
New York, Charles Scribner's Sons, 1980

The adobe book
O'Connor, J.F.
Santa Fe, Ancient City press, 1973

Shelter in Africa
Oliver, P.
London, Barrie and Jenkins, 1971

Adobe craft, illustrated manual
Schultz, K.V.
Castro Valley, Adobe craft, 1974

The portalab manual
Scoggins, H.
Alamorgodo, N.M. Appropriate technology program, 1982

Adobe bricks in New Mexico
Smith, E.W.
Socorro, Circular 188, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, 1982

Build with adobe
Southwick, M.
Chicago, the swallow press, 1971

Adobe architecture in New Mexico
Stedman, M.L.
Santa Fe, The sunstone press, 1971

Adobe remodeling
Stedman, M.L.
Santa Fe, The sunstone press, 1976

Appropriate building materials
Stulz, R.
St. Gallen, SKAT, 1981

Adobe, in the Americas and around the world history, conservation and contemporary use.
UNDP/UNESCO
Travelling exhibition. Lima, UNDP/UNESCO, 1984

Homegrown sundwellings
Van Dresser, P.
Santa Fe, The lightning tree, 1979

So you want to see a solar building? A tour guide for northern New Mexico

Wells, M.; Williamson, J.
Santa Fe, NMSEA, 1983

Sod walls
Welsch, R.L.
Nebraska, Purcells Inc, 1968

Handbook for building homes of earth
Wolfskill, L.A. et al.
Greeley, REII, 1983

PORTUGUES

Arquitetura de terra ou o futuro de uma tradiçao milenaria
Dethier, J.
Rio de Janeiro, Avenir Editoria Limitada, 1984

ESPAÑOL

Barro, Barro!
Argawal, A.
London, Earthscan, 1981

Architecturas de adobe
Bardou, P.; Arzoumanian, V.
Barcelona, GG, 1979

Seguir construyendo con tierra
CRATerre
Lima, Mesa Redonda, 1984

FRANCES

Bâtir en terre
Agarwal, A.
London, Earthscan, 1981

Archi de terre
Bardou, P.; Arzoumanian, V.
Marseille, Editions Parenthèses, 1978

Le béton de terre stabilisé et son emploi dans les travaux de construction
CINVA
New York, Nations Unies, 1964

Construire en terre
CRATerre
Paris, éditions Alternatives et Parallèles, 1979

L'Architecture de terre, Bâtiments caractéristiques de la région Rhône-Alpes
CRATerre; Groupe Pisé
Bourg-en-Bresse, CAUE de l'Ain, 1983

Des architectures de terre, ou l'avenir d'une tradition millénaire
Dethier, J.
Paris, CCI, 1981

Construire avec le peuple
Fathy, H.
Paris, éditions Jérome Martineau, 1970

Manuel de constructions en béton de terre stabilisée
Gitzmaurice, R.
New York, Nations Unies, 1958

Maisons africaines
Gardi, R.
Paris-Bruxelles, Elsevier Séquoia, 1974

ITALIANO

Moschee in adobe, storia e tipologia nell'Africa Occidentale
Ago F.
Roma, Kappa, 1982

Le case di terra, memoria e realta
CLUA
Pescara, CLUA, 1985

Architetture di terra
Dethier, J.
Milano, Electra, 1982

Le meraviglie dell'architettura in terra cruda
Galdieri, E.
Roma, Editori Laterza, 1982

Lista de organismos

ALGERIE

CNERIB
Cite Mokrani Nouvelle - Souidania - Wilaya Tipaza
Terre en général

LNBTP
Route des 4 Canons - Alger
Blocs comprimés

ALLEMAGNE

CRATERRE
53 Jahnstrasse - 6100 Darmstadt
Terre - Paille

GESAMTHOCHSHULE KASSEL
FORSCHUNGSLABOR FUR EXPERIMENTELLES BAUEN
FB 12. Postf 101380 - 13 Menzellstrasse - Kassel
Nouvelles techniques et revue

BELGIQUE

CRA
UCL - DA VINCI
1, place du Levant - 1348 Louvain La Neuve
Etudes de cas

CRATERRE BELGIUM
57, rue Franz Merjay - 1060 Bruxelles
Terre en général et documents iconographiques

HET LEMEN HUIS
7 Sint Petrusstraat - 3404 Attenhoven
Torchis

PGC HS
Kul Kasteel Arenberg - 3030 Heverlee
Etudes de cas

BRESIL

CEPED
Caixa postal 09 42800 - Camaçari - Bahid
Pise

BURKINA FASO

ADAUA
BP 648 - Ougadougou
ONG - Construction

COLOMBIA

ARIT
Arquitectura e Investigación en Tierra
Calle 66A No. 4-55 (405)
Bogotá - Colombia

COTE D'IVOIRE

LBTP
BP 4003 - Abidjan
Blocs comprimés et caractérisation

FRANCE

CEBTP
12 rue Brancion - 75737 Paris Cedex 15
Badigeons

CRATERRE
Les Rivaux - Brie et Angonnes - 38320 Eybens
Terre en général et promotion internationale

CSTB
24 rue Joseph Fourier - 38400 St Martin d'Heres
Mécanismes fondamentaux

ECOLE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE
CEAA ARCHITECTURE DE TERRE
10, Galerie des Baladins - 38100 Grenoble
Etúdes postgraduées sur la construction en terre

ENTPE
Rue Maurice Audin - 69120 Vaulx-en-Velin
Caractérisation

GROUPE PISE
Place Saint Vincent de Paul - 01400 Chatillon-sur-Chaiaronne
Pise

INSA DE LYON ET RENNES
20, avenue des Buttes de Coesmes - 35031 Rennes
Terre extrudée et blocs comprimés

GHANA

BRRI
MATERIALS DIVISION
P.O. Box 40 University - Kumasi
Blocs comprimés de laterite

GRANDE-BRETAGNE

BRE
Overseas Division - Garston Watford WD2 7JR
Stabilisation et blocs comprimés

ITDG
Myson House - Floor 3 - Railway Terrace - Rugby CV 21 3HT
Terre en général

GUATEMALA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
Ciudad Universitaria - Zona 12 - Guatema C.A.
Pise et seismes

INDE

ASTRA
INDIAN INSTITUTE OF SCIENCE
Bangalore 560012
Caractérisation

CBRI
Roorkee - Uttar Pradesh
Protection

INDONESIA

INSTITUTE OF HUMAN SETTLEMENTS
BUILDINGS MATERIALS DIVISION
Ministry of Public Works - 84 Jalan Tamansari - Bandung
Blocs comprimés de latérite stabilisée à la chaux

ITALIE

ICCROM
13 via di San Michele - 00153 Roma
Préservation

MALI

ADAUA
B.P. 2470 - Bamako
ONG - Construction

CTA
B.P. 120 - Bamako
Adobe et protection

MAROC

LPEE
B.P. 389 - 25 rue d'Azilal - Casablanca
Caractérisaton

MEXIQUE

INSTITUTO DEL ADOBE
UNAP
21 Sur 1103 - CP 72000 - Puebla
Adobe

UNAM
CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES
Apartado postal 70-360 - México 20, D.F.
Adobe et seismes

PEROU

CRATERRE PEROU
Apartado Postal 399 - Huancayo
Terre en général

ININVI
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Apartado 12534 - Lima 21
Adobe et séismes

SENEGAL

CEREEQ
B.P. 189 - Dakar - Hann
Protection

SOUNDAN

NCR
HOUSING AND ENGINEERING UNIT
P.O. Box 6094 - Khartoum
Blocs comprimés

THAILANDE

THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC
AND TECHNOLOGICAL RESEARCH
Building Reserarch Division - 196 Phahonyothin
Bangkhen - Bagkok 10900
Blocs comprimés

TOGO

CENTRE DE LA CONSTRUCTION ET DU LOGEMENT
CACAVELLI
B.P. 1762 - Lomé
Terre en général

TUNISIE

INSTITUT TUNISIEN DE TECHNOLOGIE APPROPRIEE
Sidi Bou-Ali 4040 - Tunisie
Terre en général

USA

ADOBE TODAY
2312 Central Avenue S.W. - P.O. Box 7460 - Albuquerque
New Mexico 87194
Revue

ESDI
P.O. Box 1217 - Corrales
Revue

IFEC
2501 M Street - Suite 450-N.W - Washington D.C. 20037
Promotion internationale

INTERTECT
P.O. Box 10502 Dallas - Texas
Actions et constructions para-sinistres

REII
2319 21 ST. Avenue - Greeley, CO 80631
Pise

VITA
3706 Rhode Island Avenue - Mt. Rainier - Maryland 20822
Terre engénéral

VOLUNTEERS IN ASIA
P.O. Box 4543 - Stanford - California 94305
Bibliothéque en microfiches



FONDO ROTATORIO EDITORIAL
Tecnologías Apropiadas y Participación Comunitaria.

El Fondo Rotatorio Editorial es una respuesta a la carencia de documentación existente en Colombia sobre el tema "Tecnologías Apropiadas con Participación Comunitaria".
El Fondo pone a disposición de los técnicos que apoyan procesos de desarrollo comunitarios, herramientas y referencias para la implementación de TA y favorece así el establecimiento de un verdadero diálogo entre técnicos y comunidades de base.

¿Cuáles son sus objetivos?

- Proponer a las Organizaciones No Gubernamentales que trabajan en el campo de la Tecnología Apropiada con Participación Comunitaria, una asesoría para la realización de sus proyectos editoriales y la posibilidad de publicar materiales sobre sus experiencias técnico-sociales y sus trabajos en el campo de la investigación tecnológica.

- Ofrecer una amplia serie de documentos sobre Tecnología Apropiada susceptibles de ser aplicadas por las comunidades organizadas de base; textos de trabajo dirigidos a los técnicos, maestros artesanos, líderes populares y profesionales de las áreas técnica y organizativa, vinculadas a las actividades de las ONG e Instituciones afines.

¿Cuáles son sus actividades?

- Editar informes sobre experiencias, estados del arte sobre técnicas específicas, y material de divulgación popular sobre TA en Colombia.

- Reproducir documentos de TA editados en otros países latinoamericanos que posean importancia particular para la demanda nacional.

- Traducir y publicar aquellos títulos básicos de TA editados en otros idiomas que posean particular interés en el Tercer Mundo.

- Distribuir los títulos editados por el Fondo Rotatorio Editorial y asegurar un servicio de librería dirigido principalmente a profesionales y organizaciones comunitarias.

¿Cuáles Instituciones lo conforman?

El Fondo Rotatorio Editorial es un proyecto conjunto a ENDA América Latina (Organización No Gubernamental Internacional, Medio Ambiente y Desarrollo del Tercer Mundo) que asegura su coordinación; DIMENSION EDUCATIVA y FEDEVIVIENDA (Federación Nacional de Organizaciones de Vivienda Popular).

El Fondo Rotatorio Editorial recibe el apoyo financiero del SKAT (Centro Suizo para la Tecnología Apropiada).

Construir con tierra

La publicación de la edición española de "Construire en terre", pretende enriquecer la bibliografía sobre el tema, la cual a pesar de haberse incrementado bastante con la publicación de las investigaciones hechas durante los últimos años, carece de un libro semejante. Este libro presenta las múltiples posibilidades de utilización del material, aunando el conocimiento tradicional y los avances científicos. El lector puede encontrar en él a la vez una visión general y el análisis particular de algunos aspectos importantes de la técnica.

En la traducción se utilizó un lenguaje técnico, evitando los términos regionales, por cuanto la idea del Fondo Rotatorio Editorial conformado por Enda América Latina, Dimensión Educativa y Fedevivienda, es hacer circular este libro a nivel latinoamericano.

El primer tomo está dividido en cuatro capítulos dedicados a las diferentes técnicas: tapia pisada, moldeado directo, adobe y bloques de tierra prensados. En ellos se analizan las diferentes variaciones, las prácticas tradicionales y las nuevas propuestas.

El segundo tomo profundiza en aspectos generales de la técnica construtiva. Se divide en 8 capítulos: análisis de suelos, características del material tierra, estabilización, técnicas mixtas (donde la tierra se combina con otros materiales), cubiertas en tierra, pañetes y pinturas, mezcladoras.

La traducción del libro está complementada con un anexo sobre la arquitectura en tierra en Colombia, el cual contiene las fichas técnicas de diez proyectos realizados por arquitectos, y que resultan particularmente interesantes desde el punto de vista técnico o formal.



enda américa latina
Avenida Calle 40 No. 15-69
A.A. 091369
Tels. 288 2876 - 288 2567
Bogotá - Colombia



fedevivienda
Avenida Calle 40 No. 15-69
A.A. 57059
Tel. 288 0711
Bogotá - Colombia



Dimensión Educativa
Calle 41 No. 13- 41
Tel. 245 3146
Bogotá - Colombia

Construir con tierra

Tomo II

Titulo original :
Construire en terre, CRATerre.
P. Doat, A. Hays, H. Houben
S. Matuk, F. Vitoux

Traducción del francés :
Clara Eugenia Sánchez
Clara Angel Ospina

FONDO ROTATORIO EDITORIAL
TECNOLOGIA APROPIADA Y PARTICIPACION COMUNITARIA





Construir con tierra

tomo II

Título original:

Construire en terre
por CRAterre
P. Doat - A. Hays - H. Houben -
S. Matuk - F. Vitoux

Traducción del francés y anexo sobre experiencias colombianas:

Clara Eugenia Sánchez
Clara Angel Ospina
ARIT- Arquitectura e Investigación en Tierra

Una publicación del

FONDO ROTATORIO EDITORIAL
Tecnologías apropiadas y participación comunitaria.
ENDA América Latina - Dimensión Educativa - FEDEVIVIENDA
Bogotá - Colombia 1990

Editor: FONDO ROTATORIO EDITORIAL
Edición al cuidado de: Luis ROCCA LYNN, ENDA AMERICA LATINA.
Traducción: Clara Eugenia SANCHEZ. Clara ANGEL OSPINA. ARIT,
Diseño de la edición: Luis ROCCA LYNN. Nubia Stella CUBILLOS R.
Artes finales: Nubia Stella CUBILLOS R.
Composición de textos: Crear-Arte.
NOTA: Todas la fotografías y gráficas de esta edición corresponden a CRAterre, con excepción de aquellas en las que se indique lo contrario

Impresión: Editorial PRESENCIA

IMPRESO Y HECHO EN COLOMBIA, Bogotá 1990

Indice

Tomo II

TECNICAS MIXTAS

CUBIERTAS CON TIERRA

PAÑETES Y PINTURAS

LAS MEZCLADORAS

ACTUALIDAD COLOMBIANA

Tomo I

LA TAPIA PISADA

MOLDEADO DIRECTO Y BAUGE

EL ADOBE

BLOQUES DE TIERRA PRENSADOS

Prefacio

La tierra es un material de construcción que no ha tenido publicidad. No obstante, a pesar de su utilización en numerosos lugares de nuestro planeta desde la época prehistórica, es justo que hoy este material sea revalorizado.

La tierra fue víctima por una parte, del menosprecio general sufrido por las arquitecturas menores y, por otra, de su naturaleza considerada "inestable". La arquitectura era de piedra, hecha para la eternidad, o simplemente no adquiría el carácter de tal. Pero la duda se ha abierto paso entre tanta teoría, la arquitectura busca democratizarse y la economía determina de nuevo la escogencia: la tierra, abundante, maleable, fácil de utilizar y que ofrece una gran inercia térmica, atrae la atención de los especialistas.

Asistimos hoy a la transferencia de los conocimientos de los artesanos y los obreros, que estaban olvidando las técnicas transmitidas después de milenios, para provecho de los especialistas que tratan de registrar los testimonios, aún vivos, de un saber ancestral. Después de retomar estas técnicas sencillas y este saber, los arquitectos les rinden honores; las coronan con la aureola del conocimiento científico y las someten a la experimentación. Justo retorno de las cosas, pero esta valorización, ¿será suficiente?

La imagen de este material es revaluada y los arquitectos se enfrentan ahora al menosprecio del público, la tierra es mal aceptada o rechazada del todo. La tarea de convencer será larga, habrá que experimentar mucho para generalizar su uso.

Las cualidades arquitectónicas de las construcciones vernáculas, deberán ser reencontradas. Los ejemplos no faltan, en el Suroeste de América del Norte, entre los indígenas que han sido masacrados; en Africa del Norte; en los confines del Sahara o en Africa Occidental, en países que difícilmente salen del colonialismo cultural, en el Medio Oriente, (donde la bonanza petrolera amenaza condenar por un tiempo estas técnicas), en fin, en China, donde para decir "construir", se utiliza todavía la palabra que designa el proceso de preparación de la tierra para hacer tapia pisada.

Paciente y modestamente, un equipo de Grenoble, conformado al principio por estudiantes de la Escuela de Arquitectura, hoy arquitectos, profesores e investigadores, recogen desde hace varios años las informaciones, multiplican las encuestas, asesoran proyectos y realizan experiencias en Vignieu, en el Isere, en Africa y en América Latina.

Este equipo entrega aquí el fruto de sus experiencias, sus sondeos, sus ensayos, la acumulación de un saber aprendido en las obras, las fórmulas y los secretos, que servirán a todos aquellos que quieran poner manos a la obra. Recuperación de una técnica, esperando que sirva para que se produzcan ejemplos que utilicen todas las cualidades plásticas y arquitectónicas del material.

Pierre Clement
junio 1979

Introducción
a la edición en español

El reciente interés por las formas y técnicas tradicionales de la arquitectura humana no es simplemente nostálgico, potencialmente es una de las fuentes alternativas de las cuales pueden surgir las respuestas para dar albergue a millones de seres en el mundo futuro, un mundo en el que, paradójicamente, la tradición ofrece más posibilidades que la alta tecnología.

El paradigma de la modernidad contempló la solución global de los problemas humanos mediante la aplicación de los adelantos de la ciencia y la tecnología. La sociedad universal, tecnificada, masificada, uniformemente provista de sus beneficios en cualquier parte del mundo, no se alcanzó a formar. El porcentaje de población humana que se encuentra hoy en día fuera de la modernidad es considerable. Las comunidades primitivas y tradicionales y grupos populares del Tercer Mundo están ahí, con su inmenso y rico bagaje cultural, como contrapartida involuntaria y silenciosa al mundo de la electrónica, el átomo y las comunicaciones. La polarización inevitable entre los dos mundos se ha resuelto al menos parcialmente en los enfoques de la tecnología apropiada. El encuentro entre la racionalidad occidental y la tradición se lleva a cabo hoy en día en múltiples frentes desde la literatura y las artes visuales hasta la medicina y la arquitectura.

La construcción con tierra es tan antigua como la cultura humana. En cada Continente del planeta existen arquitecturas que manejan la tierra formadas en tiempos inmemoriales y sobrevivientes a través del tiempo. La recuperación de este saber tradicional y su inclusión en el campo del saber contemporáneo se lleva a cabo con entusiasmo en muchos centros de investigación europeos y americanos y se proyecta ya en ejemplos realizados en diversos lugares.

El libro "CONSTRUIRE EN TERRE" publicado en París en 1985 puso de presente la importancia y las posibilidades de esta manera de construir. La traducción del texto al castellano por Clara Angel y Clara Eugenia Sánchez y la inclusión de experiencias en el campo de la construcción con tierra en Colombia constituye su aporte invaluable al saber y al ejercicio práctico de la arquitectura nacional. Esta, mucho más que los ejercicios convencionales, burocratizados y comercializados, constituye una aproximación real, creativa y eficaz a la resolución de los problemas de una sociedad a la espera de alternativas para sobrevivir.

Alberto Saldarriaga Roa
Bogotá, Colombia, junio de 1988

Introducción
a la edición francesa



Cliché Chollet

La tierra es uno de los más antiguos materiales de construcción en la historia de la humanidad. Las civilizaciones persa, asiria, egipcia y babilónica, la utilizaron en abundancia, y los ejemplos que han perdurado muestran que los antiguos no dudaron en emplearla en obras a veces monumentales: arco de Ctesiphon en Irak, y en confiarle sus bienes más preciados para toda la eternidad: pirámides en Saggara, Egipto, (construidas durante la Primera Dinastía). Menos conocidas son las ruinas de Chan-chan en el Perú, la más grande ciudad precolombina de América del Sur: ella ocupaba una superficie de catorce kilómetros cuadrados.

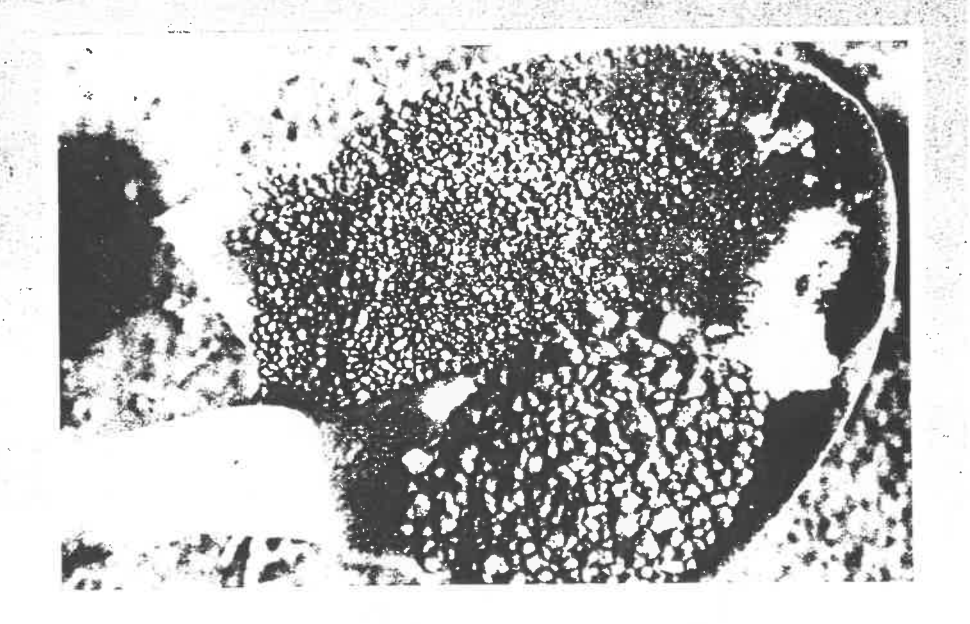
La arquitectura de tierra no es solamente una curiosidad arqueológica, debemos tener en cuenta que hoy la mitad de la población del mundo habita en construcciones de tierra.

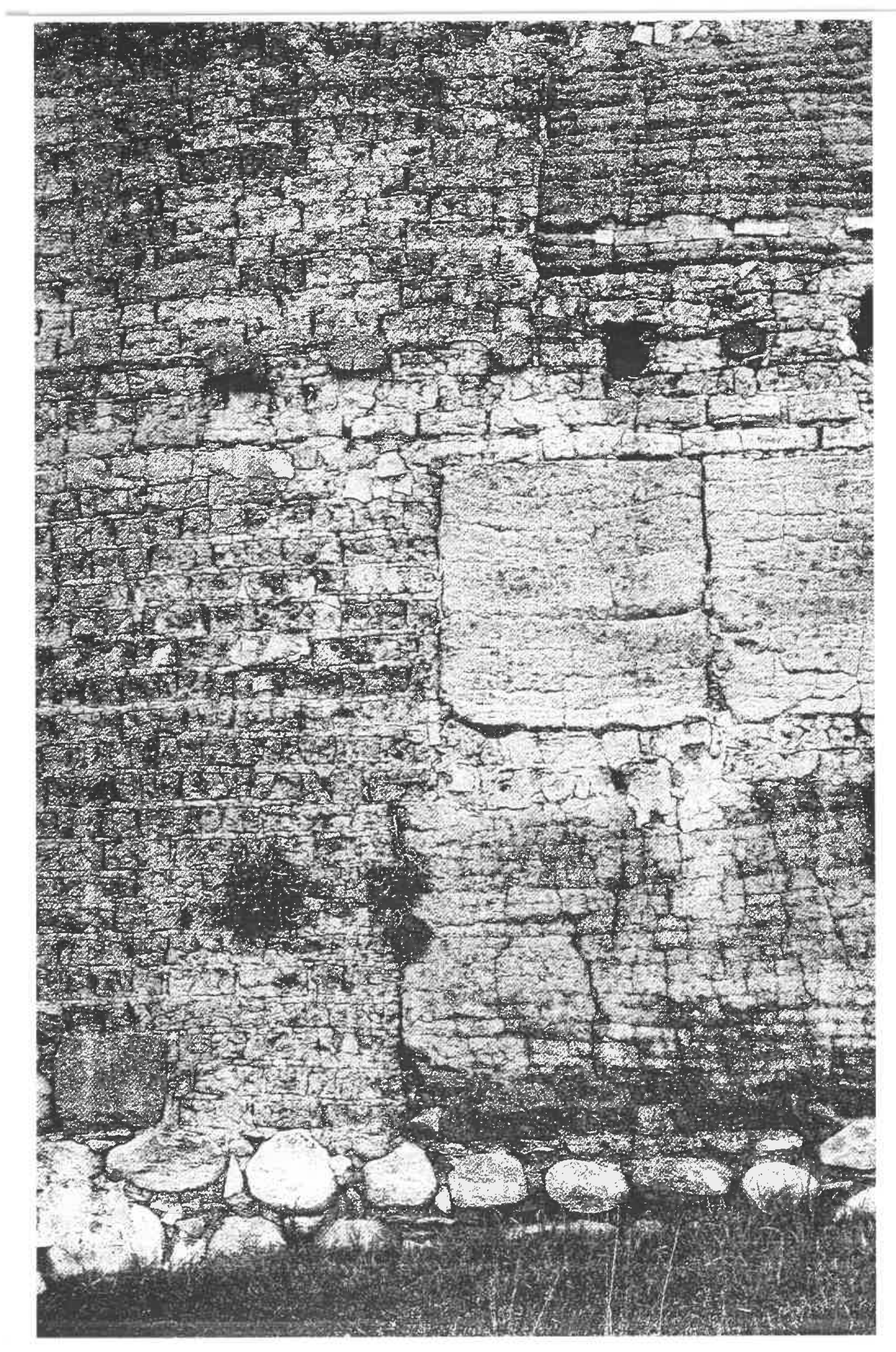
Este material sigue siendo preponderante en casi toda el Africa, el Medio Oriente y América Latina. Es igualmente una forma de habitat vernáculo en China e India. En Europa, aunque prácticamente olvidadas ahora, las construcciones en tierra siguen siendo parte del paisaje cotidiano: se les vuelve a encontrar en Suecia, Dinamarca, Alemania y en los países del Este, e igualmente en Gran Bretaña y España.

Tierra	Estado	Proceso	Técnica	Resultado
TIERRA NO PROCESADA	Estado sólido		• tierra excavada	habitat troglodita
			• terrones de césped cortados.	· Sod
			• tierra cortada	bloques cortados en cantera
TIERRA PROCESADA	Estado líquido	vaciado	• tierra vaciada Muro monolítico.	TAPIA FUNDIDA en un encofrado.
			• tierra vaciada en un molde Ladrillos.	ADOBES
	Estado plástico	amasado	• tierra moldeada Ladrillos.	ADOBES
			• moldeado directo Ladrillos.	ADOBES
			• moldeado directo Muro monolítico "au colombin".	MOLDEADO DIRECTO en el sitio.
			• tierra apilada: Muro monolítico.	BAUGE en el sitio.
			• tierra moldeada Muro compuesto.	TORCHIS O BAHAREQUE sobre estructura independiente.
	Estado seco	compactado	• tierra compactada Muro monolítico.	TAPIA PISADA dentro de una formaleta.
			• tierra compactada Bloques.	BLOQUES COMPACTADOS dentro de un molde.
			• tierra prensada Bloques.	BLOQUES PRENSADOS.



Análisis de suelos





5 Análisis de suelos

La primera preocupación de un constructor, es determinar qué modo de construcción conviene al suelo existente.

El propósito de este capítulo es entonces señalar los medios de que se dispone para el reconocimiento del suelo. Ellos son análisis de suelos que, a partir de la toma de muestras, se efectúan en laboratorio, o bien, por medio de pruebas fáciles de realizar que dan una idea de la calidad del suelo a utilizar.

Trataremos aquí primero de la constitución del suelo, después presentaremos los métodos de análisis generalmente utilizados en los laboratorios, para terminar con las pruebas de campo.

Constitución del suelo

La parte superficial de la corteza terrestre proviene generalmente de la alteración mecánica y química de las rocas, por la acción de los fenómenos climáticos y de los organismos vivos. Su espesor puede variar pero ella presenta frecuentemente el mismo perfil.

La capa vegetal rica en materia orgánica, remata la roca madre *(fig. 241)*. Cuando los suelos son blandos y contienen poca materia orgánica, los niveles superficiales son aptos para la construcción con tierra. Estos reciben en Geotecnia el nombre suelos, y el estudio de

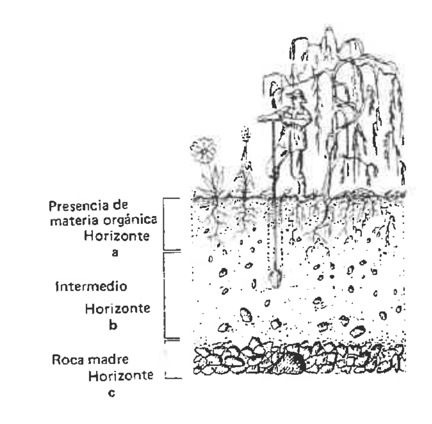


FIGURA 241

sus propiedades compete a la mecánica de los mismos.

Los suelos están formados por la mezcla en diferentes proporciones de cuatro elementos: gravillas, arenas, limos y arcillas. El comportamiento de cada uno de estos componentes es específico y, por ejemplo, algunos cambian de volumen (inestables) al estar sometidos a la humedad, mientras que otros no (estables). Esta noción de estabilidad, es decir la capacidad para soportar la alternancia de humedad y de sequedad sin variación de las propiedades, es fundamental para un material de construcción.

a) Las gravillas están compuestas por partículas de rocas más o menos duras cuyo espesor está comprendido entre 5 y 100 mms. Son un componente estable del suelo. Sus propiedades mecánicas no sufren modificaciones importantes en presencia del agua.

b) Las arenas están constituídas por granos minerales cuyo tamaño está comprendido aproximadamente entre 0,080 y 5 mms. Son componente estable de los suelos, y cuando están secas no poseen cohesión pero presentan por el contrario, una fuerte fricción interna, es decir alta resistencia mecánica de rozamiento a los desplazamientos relativos de las partículas que las componen. Ligeramente húmedas, por el contrario, poseen una cohesión aparente debido a la tensión superficial del agua que ocupa los vacíos entre los granos.

c) Los limos formados por granos cuyo tamaño está comprendido entre 0,002 y 0,80 mms. aproximadamente, no poseen cohesión cuando están secos. Presentan una resistencia al rozamiento generalmente más débil que las arenas; al estar húmedos ofrecen buena cohesión y pueden, cuando su humedad varía, sufrir alteraciones en el volumen, expansión y contracción.

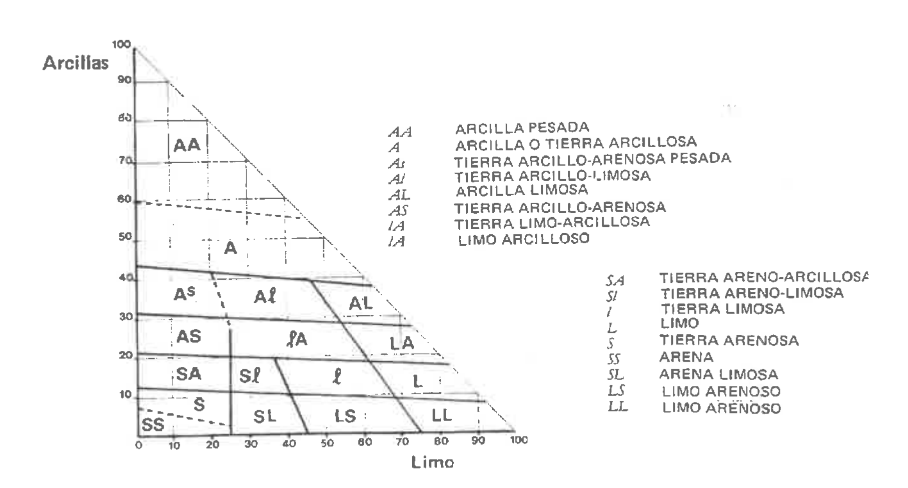
Las gravillas, las arenas y en un menor grado los limos, se caracterizan por su estabilidad en presencia del agua. Secos no poseen ninguna cohesión y no pueden ser utilizados solo como materiales de construcción en la producción de los elementos constitutivos de una edificación.

d) Las arcillas, forman la parte más fina de los suelos (menos de 2μ) no poseen las mismas características que los otros componentes. La mayor parte de los granos que las componen son minerales microscópicos, minerales de arcilla entre los cuales recordaremos las caolinitas, las ilitas y las montmorilonitas. Las partículas de arcilla están envueltas por una película de agua y la pequeñez de sus granos hace que su poco peso no ofreca resistencia a las fuerzas generadas por las tensiones superficiales desarrolladas a este nivel. Las fuerzas de volumen son poco resistentes comparadas con las fuerzas de la superficie.

La película de agua fuertemente adherida a las láminas, forma "puentes" entre las micropartículas del suelo, dando a la arcilla cohesión que es esencial en su resistencia mecánica, la cual sólo puede ser eliminada por una desecación intensa. La arcilla da al suelo su cohe-

	DIMENSIONES DE LAS ARCILLAS		
$1\ \mu = 10^{-6}$ m	CAOLINITAS	ILITAS	MONTMORILONITAS
Largo y Ancho μ Espesor μ	0,1 a 2	0,01 a 0,5	0,05
Area especírica	0,005 a 2	0,005 a 0,5	0,001 a 0,02
	5 a 10 m^2/g	80 m^2/g	80 a 800 m^2/g
COMPORTAMIENTO DEBIDO A LAS VARIACIONES DE HUMEDAD	MUY VARIABLE según la composición y estructura de las láminas.		
	Las arcillas naturales son compuestos de minerales mixtos (interestratificados)		
	ESTABLES	INESTABLES	

FIGURA 241 bis: TRIANGULO DE LAS TEXTURAS SEGUN EL INRA (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRONOMICA-FRANCIA)



sión: se comporta como una especie de argamasa entre los elementos más gruesos que componen el esqueleto. Sin embargo, al contrario de las arenas y las gravillas, son inestables y sensibles a las variaciones de humedad. Poseen una gran afinidad con el agua y cuando el contenido de ésta aumenta las películas de agua se engrosan y el volumen total aparente de la arcilla crece... Inversamente, luego de la contracción por el secado pueden aparecer fisuras en la masa de la arcilla y disminuír su resistencia. En el momento de un nuevo período de humedad, estas grietas permitirán el paso de agua al interior del material. Las variaciones del volumen de los suelos ocasionadas por el contenido de agua son el verdadero enemigo.

Lo que hemos dicho hasta aquí concierne a los contenidos de agua inferiores al "límite líquido" en el cual las arcillas son coherentes. Para los contenidos de agua altos, las arcillas adquieren una consistencia "líquida" y pierden la cohesión.

Reconocimiento de los suelos

Toma de muestras

Se podrán extraer con pala en pozos y zanjas. Las tierras buenas se encuentran al nivel de la superficie en los terrenos blandos y pobres en materias orgánicas. Se debe rechazar la tierra vegetal, rica en materia orgánica. Es conveniente entonces, lograr una amplia muestra de las tierras excavadas de los suelos seleccionados *(fig. 241)*. Cada muestra se colocará dentro de un saco impermeable, el cual deberá ser marcado indicando el lugar y la profundidad de la toma.

La naturaleza de los suelos puede variar notablemente de un punto a otro en una pequeña superficie, es conveniente obtener muestras suficientes y representativas. Terminada esta operación se procede a analizarlas.

Ensayos de laboratorio

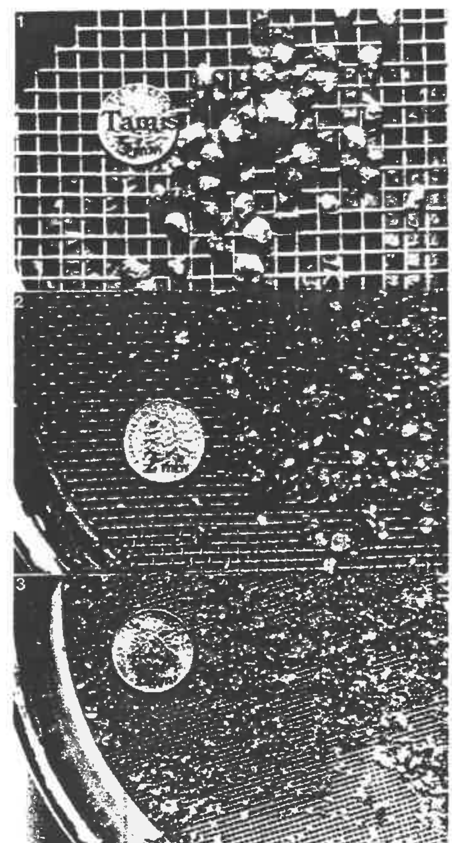
A – LA GRANULOMETRIA

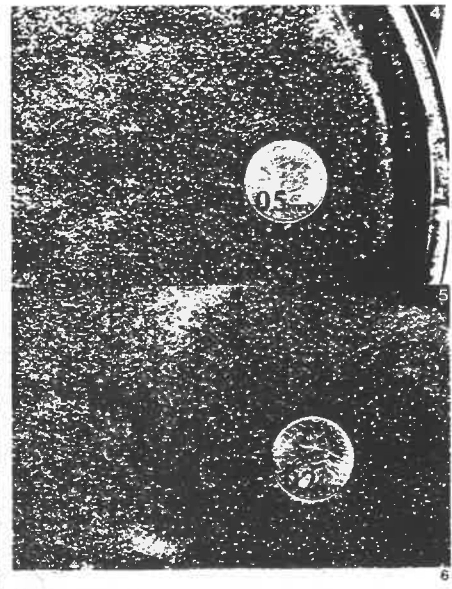
El análisis granulométrico permite determinar la cantidad respectiva de los diferentes elementos componentes del suelo (gravillas, arenas, limos, arcillas) *(fig. 242)*.

El resultado del análisis se representa gráficamente bajo la forma de una "curva granulométrica" trazada en un diagrama especial (diagrama granulométrico), incluyendo en *abcisa*, el tamaño de los granos y en *ordenada* el porcentaje de los tamizados acumulados.

Este porcentaje expresa la proporción en *peso* con relación al peso total de la muestra seca, de los granos cuyo grosor es inferior al tamaño indicado en la abcisa. Así sobre la curva del diagrama de la figura 243 se lee que:

98% de los granos atraviesan el tamiz de 5mm
83% 2mm
72% 1mm
62% . . . . 0,5 mm
52% . . . . 0,2 mm
45% . . . . 0,1 mm





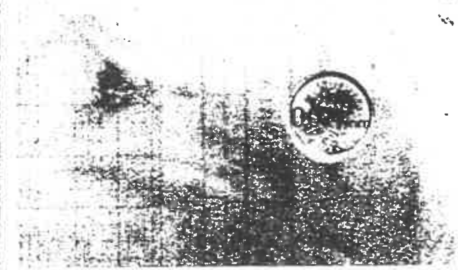
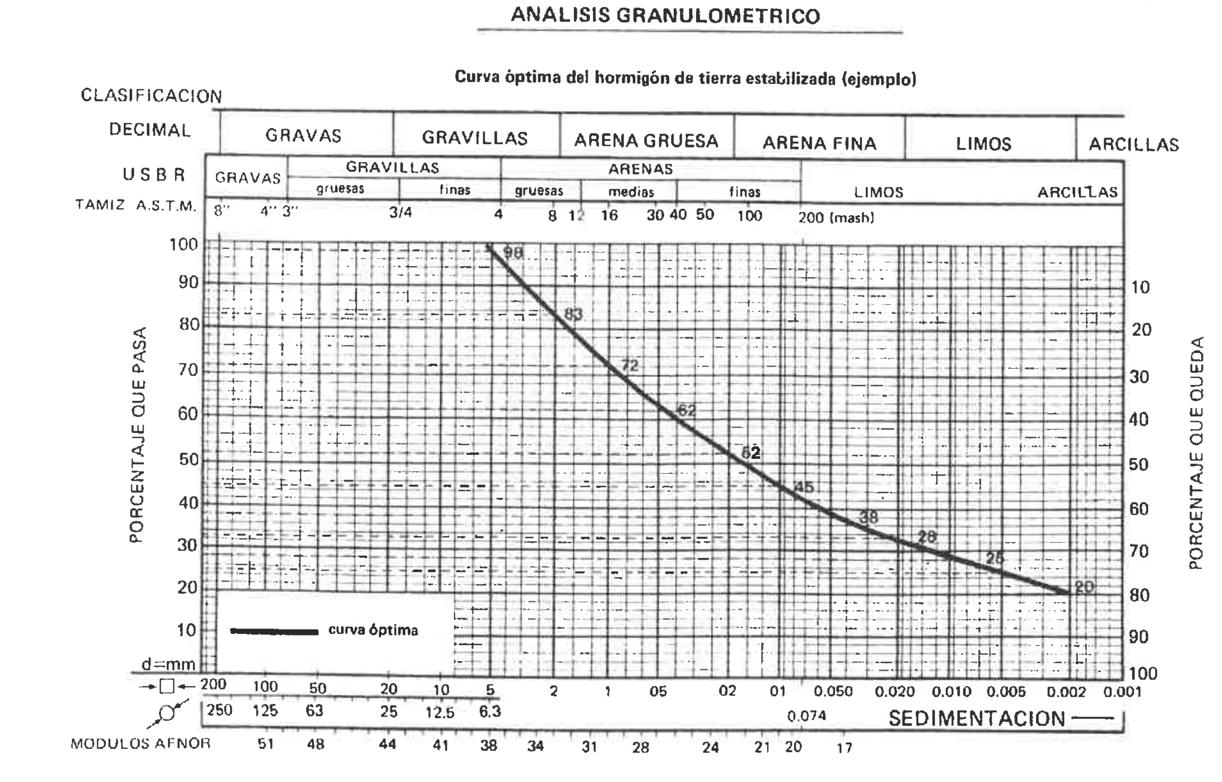


FIGURA: 242: LAS PARTICULAS QUE QUEDAN EN EL TAMIZ DEBEN LIMPIARSE ANTES DE SER SECADAS Y PESADAS

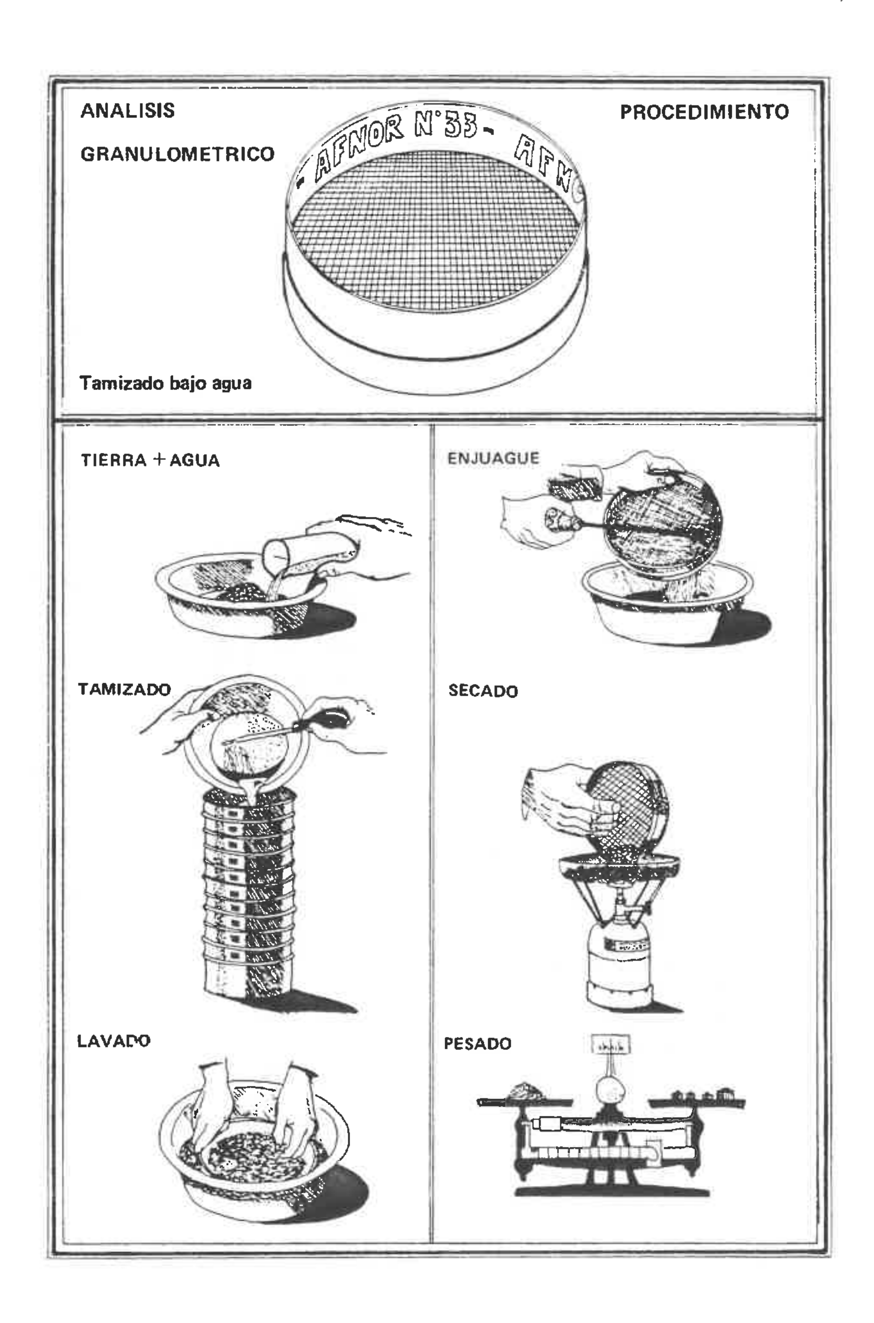
El tamaño de los granos se mide por medio de dos técnicas diferentes:

a) el tamizado: utilizado para los granos de más de 0,1 mm, consiste en filtrar el suelo, luego de haber superpuesto los tamices por orden decreciente de apertura (el más pequeño en la base). Se realiza si es el caso, bajo un grifo de agua, lo cual ayuda a que las partículas finas atraviesen las mallas. Finalizada la operación se recogen "los que se quedan" de los diferentes tamices y se pesan después de la desecación *(fig. 244).*



ANALISIS GRANULOMETRICO
Curva óptima del hormigón de tierra estabilizada (ejemplo)
CLASIFICACION
DECIMAL
GRAVAS
GRAVILLAS
ARENA GRUESA
ARENA FINA
LIMOS
ARCILLAS
U S B R
GRAVAS
GRAVILLAS
gruesas
finas
ARENAS
gruesas
medias
finas
LIMOS
ARCILLAS
TAMIZ A.S.T.M.
8" 4" 3" 3/4 4 8 12 16 30 40 50 100 200 (mash)
PORCENTAJE QUE PASA
PORCENTAJE QUE QUEDA
98 83 72 62 52 45 38 28 25 20
curva óptima
d=mm
200 100 50 20 10 5 2 1 05 02 01 0.050 0.020 0.010 0.005 0.002 0.001
250 125 63 25 12.5 6.3
0.074
SEDIMENTACION
MODULOS AFNOR
51 48 44 41 38 34 31 28 24 21 20 17

FIGURA 243


ANALISIS
GRANULOMETRICO
PROCEDIMIENTO
AFNOR N°33 - AFN
Tamizado bajo agua
TIERRA + AGUA
ENJUAGUE
TAMIZADO
SECADO
LAVADO
PESADO

b) Para las partículas grandes, en lugar de tamiz con malla cuadrada se utiliza una malla circular.

LA SEDIMENTACION

Al finalizar el tamizado, se recogen las partículas que han atravesado el tamiz de 0,1 mms. Como sería largo y dispendioso, hacerlos pasar a través de tamices más finos se puede medir su tamaño por sedimentación. Este método aprovecha la diferencia de velocidad de caída de las particulas de un suelo colocado previamente en suspensión en agua. Las partículas más gruesas se depositan primero seguidas de las más finas. Se mide la variación de la densidad de la suspensión durante un tiempo a una altura dada (la densidad disminuye cuando el líquido se aclara). Conociendo la velocidad de caída de las partículas según su tamaño, se calculan las proporciones de los diferentes tamaños de los granos *(fig. 247-248)*.

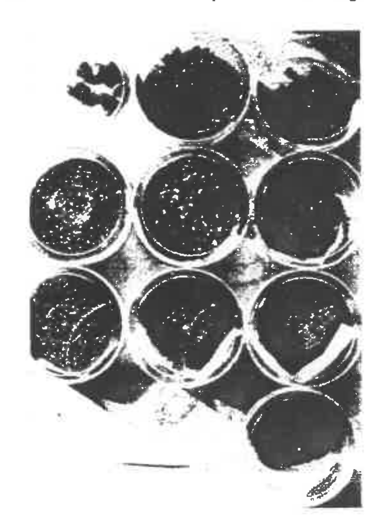


FIGURA 245: DESCOMPOSICION GRANULOMETRICA DE UNA TIERRA LATERITA

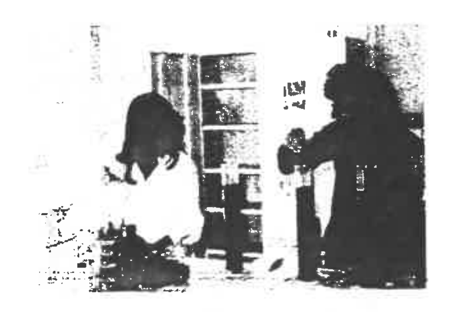


FIGURA 247: SEDIMENTACION EN EL LABORATORIO

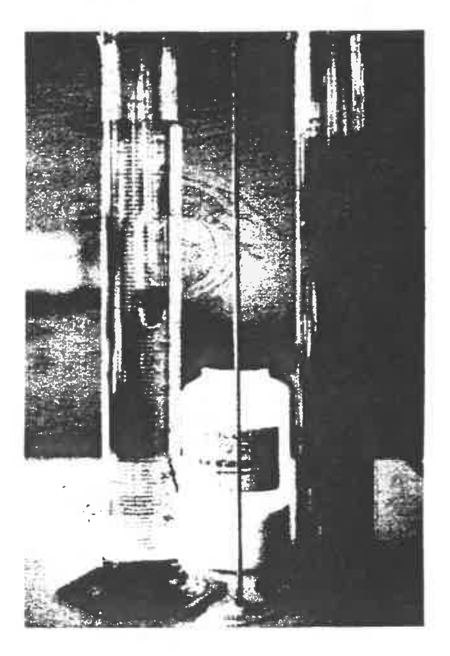


FIGURA 248: MATERIAL PARA SEDIMENTACION (UN DENSIMETRO GRADUADO DE 995 A 1030 EN FORMA DE TORPEDO, DOS PROBETAS DE 1 LT., UN TERMOMETRO, UN AGITADOR, DEFLOCULANTE, UNA FICHA Y UN CRONOMETRO)

Una variación simplificada de este procedimiento es el método basado en el principio del *sifón*. Se utiliza en este caso la tierra que ha pasado por el tamiz de 2 mm. o 5 mms., a la cual se añade agua. Para asegurar la disociación de los granos se incorpora un producto defloculante. Por ejemplo: 20 ml. de silicato de sodio a 3° Baumé, o 50 ml de una solución de goma arábiga (45 grs de goma en polvo por un litro de agua). Se vierte la mezcla en un recipiente provisto de un agitador magnético y se hace funcionar durante un minuto. Se vierte a continuación la mezcla en una probeta graduada hasta una altura dé 20 cms. (esta altura fue escogida en función de la velocidad de caída usual de las partículas) se sacude bien varias veces. Se deja luego decantar la muestra durante 20 minutos. Después se introduce cuidadosamente dentro de la probeta un disco metálico, hasta colocarlo en contacto con el material decantado.

Esta operación tiene por objeto separar el material decantado de aquel en suspensión. Se transvasa entonces el líquido en suspensión a un recipiente en nivel inferior, con una manguera. Se seca esta muestra y se pesa. Luego con los tamices de 0,25 o 0,5 mms. y de 0,074 o 0,080 mms. se tamiza la parte del suelo que permaneció en el fondo de la probeta:

—la fracción que queda en el tamiz de 2 mms. o 5 mms. es la *gravilla;*
— la fracción que queda en el tamiz de 0,074 o 0,080 mms. es la *arena fina*;
— la fracción que pasa a través del tamiz de 0,074 y que se decantó es el *limo*;
— la fracción que pasa por el tamiz de 0,074 o 0,080 mms. y que ha sido sometida al método del sifón es *la arcilla.*

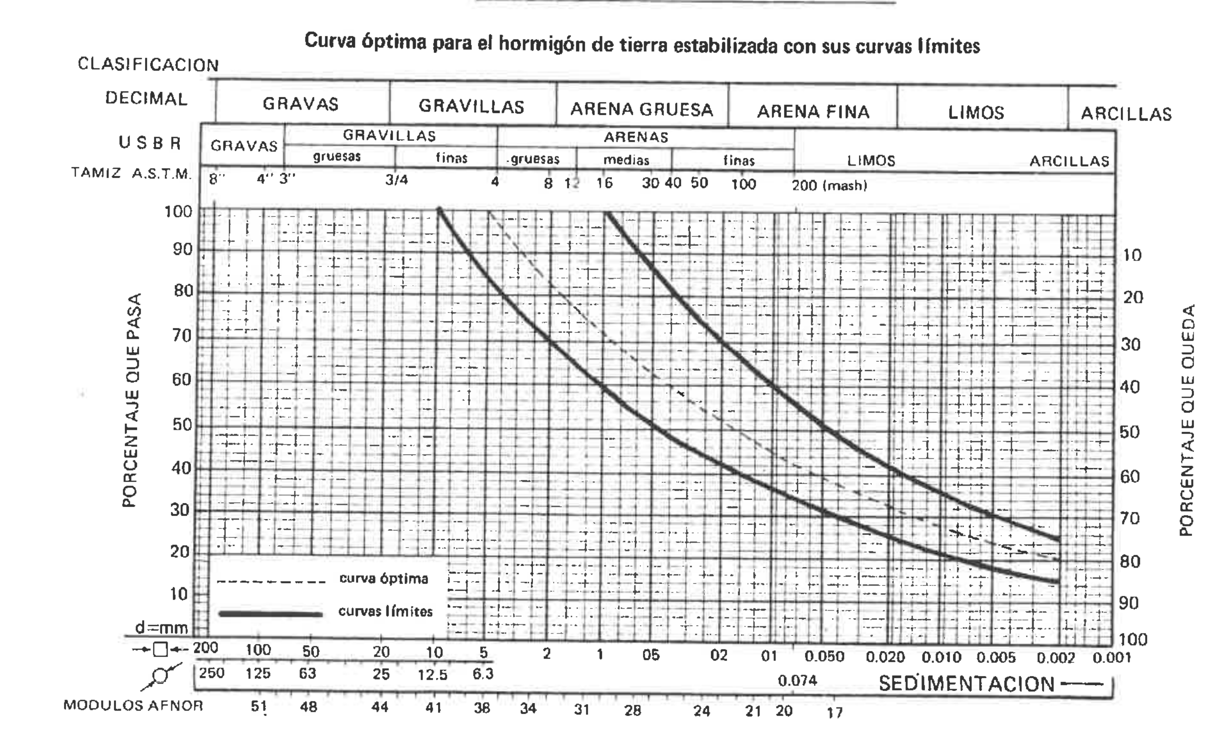
GRANULOMETRIA OPTIMA

La evocación del "rol mecánico de los componentes" del suelo, al comienzo de este capítulo, nos ha permitido dar una idea de cómo las gravillas, la arenas, los limos y las arcillas intervienen en la estructura del suelo. Las gravillas y las arenas son los elementos resistentes del material, mientras que las arcillas aseguran la cohesión del conjunto y los limos tienen una función intermedia.

Al definir una curva óptima, intentaremos sacar el mejor partido de las cualidades de los elementos de un suelo. La agrupación de las especificaciones granulométricas publicadas sobre el hormigón de tierra estabilizado (H.T.E.), permite definir esta granulometría óptima. La presentamos gráficamente bajo la forma de una "curva ideal", enmarcada por sus dos curvas límite (inferior y superior) *(fig. 249).*

Para responder a las exigencias de granulometría óptima, un suelo destinado a la fabricación de un (H. T.E.), deberá:

1. Su curva granulométrica debe estar comprendida entre las curvas límite.
2. Debe acercarse a la curva ideal.



ANALISIS GRANULOMETRICO
Curva óptima para el hormigón de tierra estabilizada con sus curvas límites
CLASIFICACION
DECIMAL
GRAVAS
GRAVILLAS
ARENA GRUESA
ARENA FINA
LIMOS
ARCILLAS
U S B R
GRAVAS
GRAVILLAS
gruesas
finas
ARENAS
gruesas
medias
finas
LIMOS
ARCILLAS
TAMIZ A.S.T.M.
8" 4" 3" 3/4 4 8 12 16 30 40 50 100 200 (mash)
PORCENTAJE QUE PASA
100 90 80 70 60 50 40 30 20 10
PORCENTAJE QUE QUEDA
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
curva óptima
curvas límites
d=mm
200 100 50 20 10 5 2 1 05 02 01 0.050 0.020 0.010 0.005 0.002 0.001
250 125 63 25 12.5 6.3
0.074
SEDIMENTACION
MODULOS AFNOR
51 48 44 41 38 34 31 28 24 21 20 17

FIGURA 249

3. Deberá ser más o menos paralela a las curvas límite y a la curva ideal, especialmente en la zona de los limos.

Presentamos igualmente las curvas límite para la tapia pisada y para los bloques prensados *(fig. 250)*. Si estas curvas límite garantizan seguridad, esto no quiere decir que fuera de estos límites no se pueda construir con tierra. Habrá entonces problemas importantes a resolver.

LIMITES DE ATTERBERG

El estudio granulométrico del suelo se limita entonces al análisis del tamaño de sus elementos constitutivos que condicionan sus propiedades físico mecánicas, pero este no es el único parámetro. Es así, que independientemente de su granulación, las arcillas presentan propiedades físicas y mecánicas muy variables según la naturaleza mineral y química de sus partículas. Será necesario entonces complementar el análisis granulométrico con pruebas auxiliares.

LA PLASTICIDAD

Atterberg propuso una serie de pruebas que permiten definir el contenido de agua en suelos de granos finos y su variación en el estado plástico. Igual que en la granulometría se han llevado a cabo estadísticas para definir los límites de Atterberg "óptimos" para el bloque de tierra. El conocimiento de estos límites permite prever rápidamente las posibilidades constructivas de un suelo.

Estados de consistencia

Según el contenido de agua un suelo puede ser "líquido", "plástico" o "sólido". Los límites de Atterberg definen las fronteras convencionales entre estos estados:

Estado disperso	
Estado líquido	
	Límite líquido Wl
Estado plástico	
	Límite plástico Wp
Estado semisólido	
	Límite de contracción Wr
Estado sólido	

La determinación de las propiedades conocidas como los límites de Atterberg se realiza en las partículas finas del suelo llamado "mortero" que reagrupa la fracción que pasa por el tamiz de 0,4 mm. Estos son en efecto, los elementos sobre los cuales el agua actúa modificando la consistencia.

1. Límite líquido Wl.

Señala el paso del estado plástico al estado líquido. Se mide con la ayuda de un aparato (aparato de Casagrande) formado por un pequeño recipiente, en el cual se coloca la tierra y por una leva muda que por intermedio de una manivela eleva el recipiente dejándolo caer bruscamente sobre un pedestal rígido *(fig. 252-253)*. Con una espátula se distribuye la tierra a continuación con un ranurador se labra en el medio del recipiente un surco sobre la pasta. Se somete entonces el recipiente a un cierto número de golpes para que el surco se cierre en una distancia de un cm. Inmediatamente se añade un poco de agua para recomenzar un nuevo en-

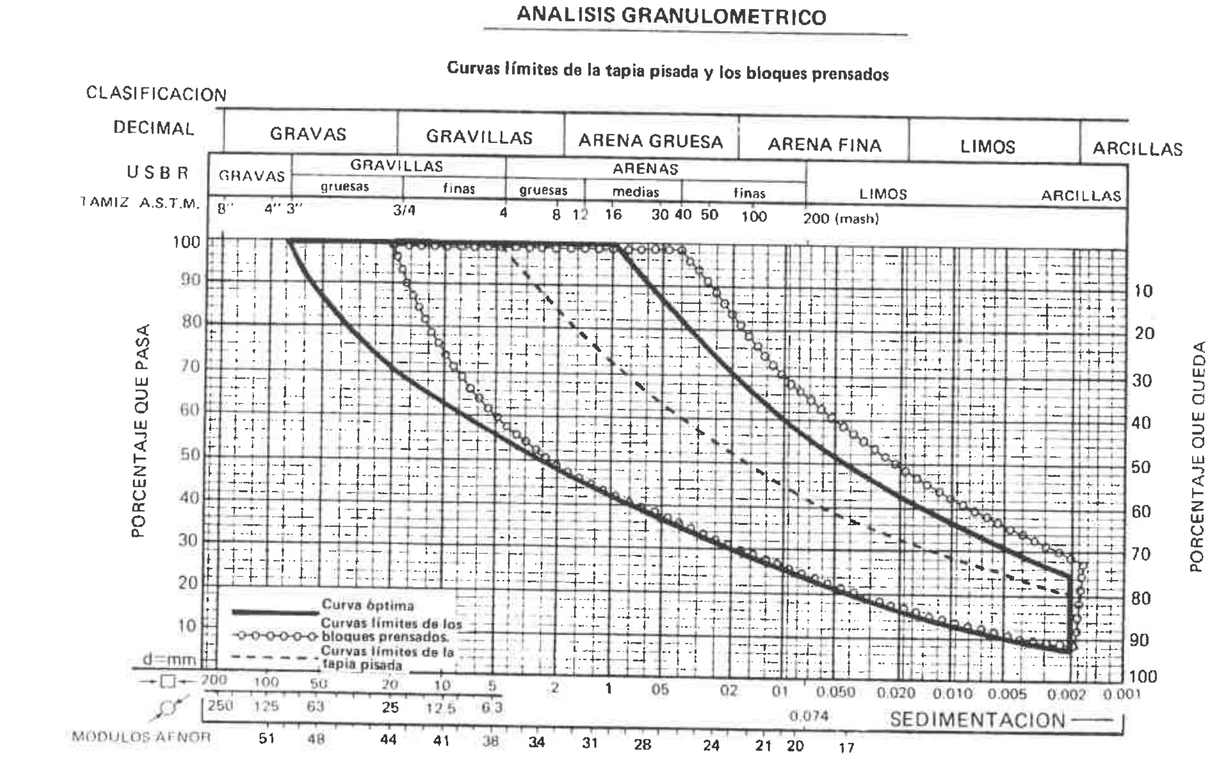

ANALISIS GRANULOMETRICO
Curvas límites de la tapia pisada y los bloques prensados
CLASIFICACION
DECIMAL
GRAVAS
GRAVILLAS
ARENA GRUESA
ARENA FINA
LIMOS
ARCILLAS
U S B R
GRAVAS
GRAVILLAS
gruesas
finas
ARENAS
gruesas
medias
finas
LIMOS
ARCILLAS
TAMIZ A.S.T.M.
8"
4" 3"
3/4
4
8 12
16
30 40 50
100
200 (mash)
PORCENTAJE QUE PASA
PORCENTAJE QUE QUEDA
Curva óptima
Curvas límites de los bloques prensados.
Curvas límites de la tapia pisada
d=mm
SEDIMENTACION
MODULOS AFNOR

FIGURA 250

sayo, dando un número menor de golpes. Se traza entonces, la curva de flujo (del número de golpes con el contenido de agua). El límite líquido se expresa: contenido de agua por el cual las dos mitades separadas (por el surco) se acercan un cm. luego de 25 golpes.

2. Límite plástico Wp

Marca el paso del estado plástico al sólido y se define por el contenido de agua en un pequeño cordón realizado con la muestra del suelo, éste se quiebra en pedazos cuando alcanza un diámetro de 3 mm. Se mide al formar una bolita de tierra a la que se le da vueltas con la palma de la mano sobre una lámina de vidrio, de mármol o una plaqueta de *plexiglas.* La tierra se encuentra en el límite plástico cuando el cordón obtenido en el diámetro de 3 mm. se disgrega en pequeños pedazos de uno a dos cms. de largo. Si el cordón se desagrega cuando el diámetro es superior a 3 mm., se debe añadir un poco de agua. Si al contrario, estando con el diámetro de 3 mm. no se disgrega es necesario secarlo un poco y comenzar de nuevo *(fig. 254)*. Luego de la desecación en una estufa se calcula el contenido de agua correspondiente (peso de agua sobre peso seco).

3. Indice plástico Ip

Una vez determinados los límites plástico y líquido se calcula entonces el índice plástico: Ip = Wl= Wp X
Ip = Wl - Wp

– baja plasticidad: Ip de 5 a 10
– plasticidad media: Ip de 10 a 20
– alta plasticidad: Ip superior a 20

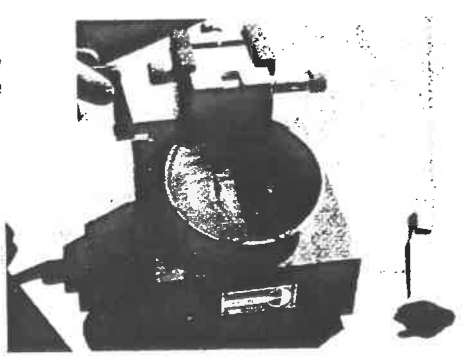
A manera de ejemplo, veamos el Ip y el Wl para algunos suelos:

– arenas: Ip de 0 a 10	Wl de 0 a 30
– limos: Ip de 5 a 25	Wl de 20 a 50
– arcillas: Ip superior a 20	Wl superior a 40

4. Límite de contracción Wr

El límite de contracción corresponde al contenido de agua en el cual el volumen permanece constante. Para determinarlo se procede a la desecación de una muestra de suelo en una estufa con un contenido de agua cercano al Wl y al cual se le miden las variaciones de volumen y masa. Cuando el contenido de agua

FIGURA 253: APARATO DE CASAGRANDE PARA LOS LIMITES DE ATTERBERG



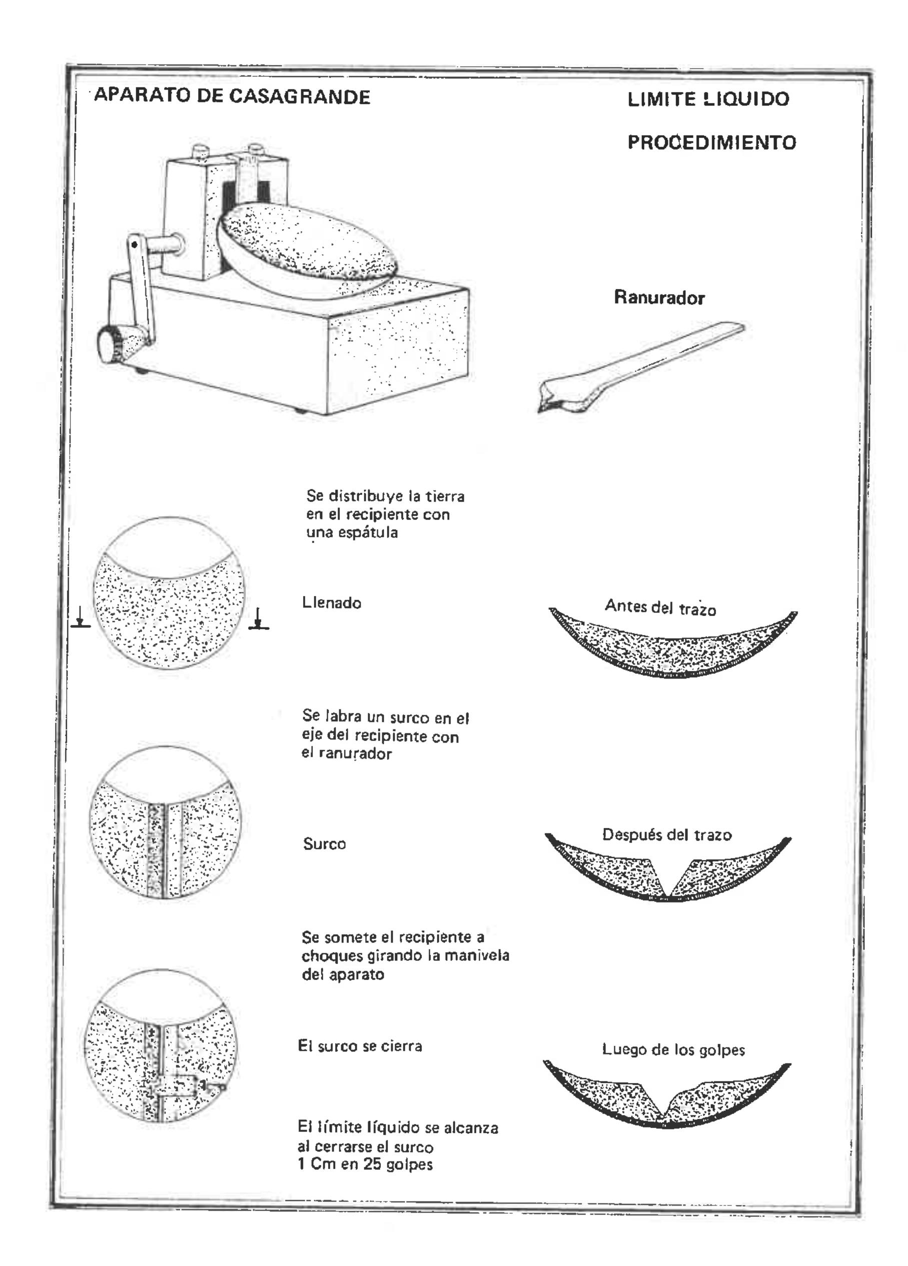

APARATO DE CASAGRANDE
LIMITE LIQUIDO
PROCEDIMIENTO
Ranurador
Se distribuye la tierra
en el recipiente con
una espátula
Llenado
Antes del trazo
Se labra un surco en el
eje del recipiente con
el ranurador
Surco
Después del trazo
Se somete el recipiente a
choques girando la manivela
del aparato
El surco se cierra
Luego de los golpes
El límite líquido se alcanza
al cerrarse el surco
1 Cm en 25 golpes

FIGURA 252

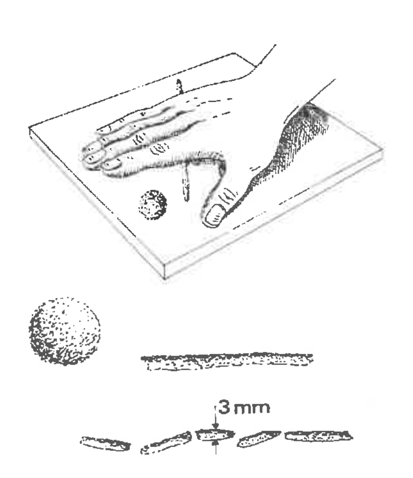


FIGURA 254: DEFINICION DEL LIMITE PLASTICO

disminuye por la evaporación, el volumen decrece poco a poco y linealmente. Después, cuando los granos se ponen en contacto continúa secándose sin ningún otro cambio en el volumen, entretanto el contenido de agua continua bajando.

5. Límite de Absorción Wa

A estos tres límites de Atterberg es importante añadir, para la construcción con tierra, el límite de absorción que corresponde al contenido de agua a partir del cual el material se encuentra completamente saturado. Se mide haciendo caer una gota de agua sobre la muestra en forma de pasta homogénea. Si la gota se absorbe en menos de treinta segundos, se procede entonces a conferir homogeneidad a la mezcla aumentada en su contenido de agua, continuándose de esta forma sucesivamente hasta que la gota de agua no penetre en la muestra en el lapso de treinta segundos. La gota forma, entonces una mancha brillante.

Cuando el límite de absorción es superior al límite de contraccción, el material tiende a absorber la humedad y a crecer. Este límite es algunas veces inferior al límite de contracción evitándose así el crecimiento (hinchamiento) del material. Este último caso es sin duda preferible.

6. Coeficiente de actividad

El coeficiente de actividad ofrece una idea del crecimiento y la contracción de un suelo. Es la relación entre Ip y el porcentaje de granos inferiores a 2μ m (arcillas).

$$Ca = \frac{Ip}{\%\ \text{arcillas}\ (\phi < 2\mu\ \text{m})}$$

Los suelos pueden dividirse según su grado de actividad:

Ca inferior a 0,75	Inactivo (I)
de 0,75 a 1,25	Actividad media (AM)
de 1,25 a 2	Activo (a)
Ca superior a 2	Muy activo (MA)

Desde el punto de vista mecánico se puede decir que un suelo inactivo podrá prescindir de la estabilización y que un suelo que posea una mediana actividad la requerirá. Si se utilizan los resultados de la "granu-

lometría óptima" con porcentajes de arcillas comprendidos entre 15 y 25% se puede elaborar el siguiente cuadro:

Zona plástica	Actividad	Estabilizante (cantidad)
1-2-3	inactivo	poco o nada
8-9-10	actividad media	poco a medio
11-12-13	activo	bastante

La figura 256 muestra la variación de los límites de Atterberg en un suelo donde se ha hecho variar la relación arena/arcilla.

Variación de los límites de Atterberg por el contenido de arena

FIGURA 256

A partir del estudio de las especificaciones relativas a los límites de Atterberg propuestas por diversos autores, se puede clasificar la frecuencia con la cual las mismas opciones se encuentran, y por lo tanto establecer una especie de panorama y de clasificación, por orden preferencial de los límites de Atterberg *(fig. 255)*.

El cuadro, a continuación presenta un resumen de las especificaciones concernientes a los límites de Atterberg.

	Zonas límites	Zonas preferenciales
Ip	de 7 a 29	de 7 a 18
Wl	de 25 a 50	de 30 a 35
Wp	de 10 a 25	de 12 a 22
Wr	de 8 a 18	Wr < C.A.O
Wa	Wa < Wr Wa < Wp	

Análisis granulométricos de algunas construcciones en tapia pisada en la región baja del Dauphiné

Hemos tomado una decena de muestras de muros de antiguas casas y graneros en tapia pisada de las regiones de Chambaran, de la Bievre, Tierras frías y el valle del Isere.

Algunas de estas edificaciones fueron construidas hace 50 años, y otras tienen varios siglos.

Al proceder al análisis granulométrico de estas tierras comparamos sus curvas con la curva límite con el objeto de definir la granulación óptima *(fig. 251)*.

CLASIFICACION EN ORDEN PREFERENCIAL DE LOS LIMITES DE ATTERBERG (1, 2...)

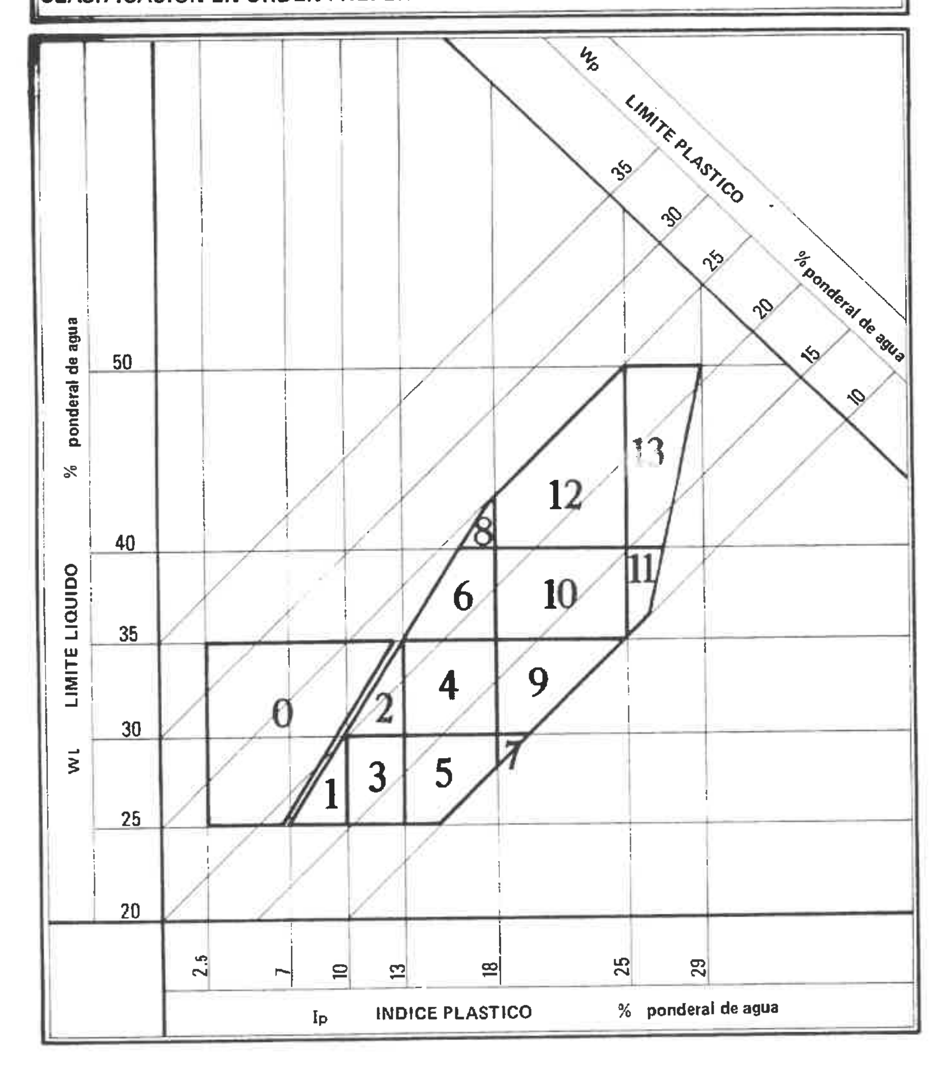


FIGURA 255

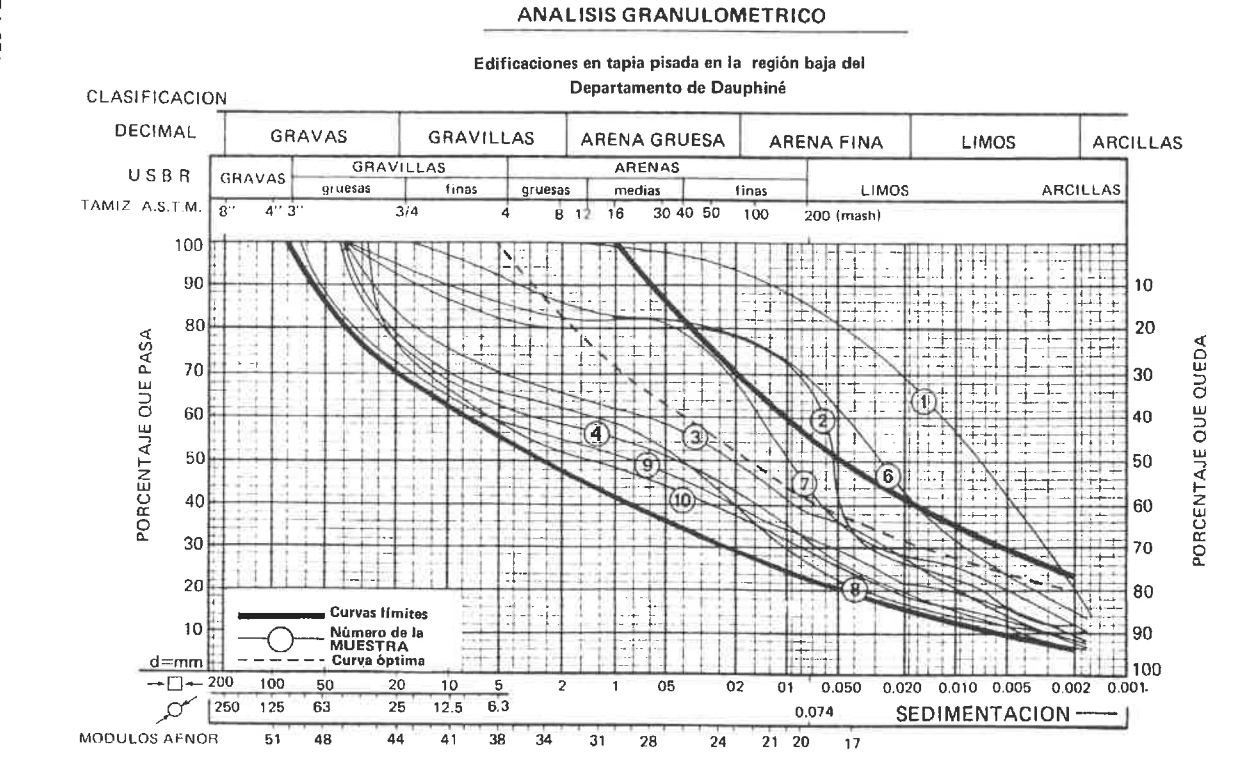

ANALISIS GRANULOMETRICO
Edificaciones en tapia pisada en la región baja del Departamento de Dauphiné
CLASIFICACION
DECIMAL
GRAVAS
GRAVILLAS
ARENA GRUESA
ARENA FINA
LIMOS
ARCILLAS
U S B R
GRAVAS
GRAVILLAS
gruesas
finas
ARENAS
gruesas
medias
finas
LIMOS
ARCILLAS
TAMIZ A.S.T.M.
8" 4" 3" 3/4 4 8 12 16 30 40 50 100 200 (mash)
PORCENTAJE QUE PASA
PORCENTAJE QUE QUEDA
Curvas límites
Número de la MUESTRA
Curva óptima
d=mm
200 100 50 20 10 5 2 1 05 02 01 0.050 0.020 0.010 0.005 0.002 0.001
250 125 63 25 12.5 6.3
0.074
SEDIMENTACION
MODULOS AFNOR
51 48 44 41 38 34 31 28 24 21 20 17

FIGURA 251

Listado y procedencia de las muestras **(fig. 251)**

1 —	A orillas del Isere cerca de Tullins	Casa	En ruinas
2 —	Chambaran — St-Paul d'Izeaux	Granero	Mal estado
3 —	Chambaran — St-Paul d'izeaux (Abadía)	Casa	Buen estado
4 —	Llanura de la Bievre	Granero	Muy bueno
6 —	Tierras frías — Eydoches	Casa	Buen estado
7 —	Tierras frías — Lindero construido	Casa	Buen estado
8 —	Tierras frías — St-Geoir en Valdaine	Granero	Muy bueno
9 —	Llanura de la Bievre — El Gran Lamps	Casa	Buen estado
10 —	Llanura de la Bievre — El Gran Lamps	Casa	En Ruinas

Con excepción de las muestras No. 1 y No. 2, todas las curvas se sitúan dentro de los límites, coincidiendo con las conclusiones de nuestro estudio sobre la granulometría óptima.

La muestra No. 1, proviene de una casa en ruinas construida con una tierra limosa. Esta tierra no se utilizaba habitualmente en la construcción pues en esta zona, a orillas del Isere, se construía con cantos rodados o guijarros con relleno de mortero. Probablemente la elección fue del constructor quien como conocía esta técnica la aplicó en un medio inadecuado.

La mala calidad de la muestra No. 2 se debe probablemente a una mala selección de la cantera puesto que, habitualmente en la región de las tierras poseen buena granulometría. Esta construcción presenta signos de erosión.

PRUEBA DE PROCTOR

La compactación es el primer método para mejorar la resistencia de un suelo. Para que sea eficaz, debe ser realizada en un material que posea un contenido de agua que asegure la lubrificación de los granos del suelo permitiéndoles acomodarse de tal manera que ocupen el menor espacio posible. El objetivo de esta prueba es determinar este contenido de agua llamado "contenido de agua óptimo" (C.A.O.) de compactación.

a) —Principios del procedimiento

Un ejemplo del diagrama Proctor *(fig. 258)*, muestra que el C.A.O. es de 14,5%.

Este contenido de agua corresponde a la mayor cantidad posible de masa para la energía de compactación utilizada. El principo de esta prueba es el siguiente: Se coloca en un molde en forma de cilindro con volumen conocido una muestra de tierra de la que se sabe el contenido de agua. Se compacta esta muestra según las indicaciones. Se mide enseguida el peso y se controla el contenido de agua de la muestra compactada. Se deduce la masa seca con el contenido de agua correspondiente en el diagrama Proctor.

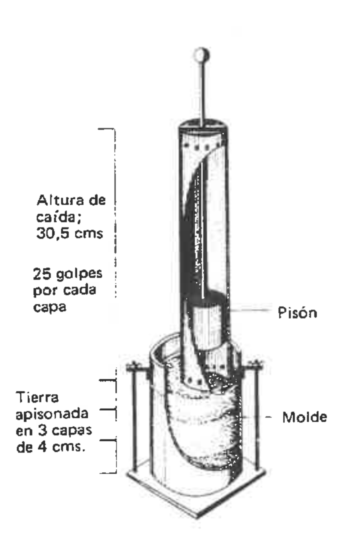


FIGURA 257: MATERIAL PARA LA PRUEBA PROCTOR

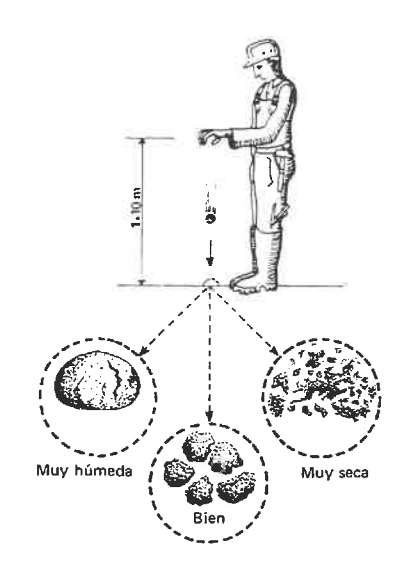


FIGURA 259: VERIFICACION DEL CONTENIDO DE AGUA EN LA OBRA

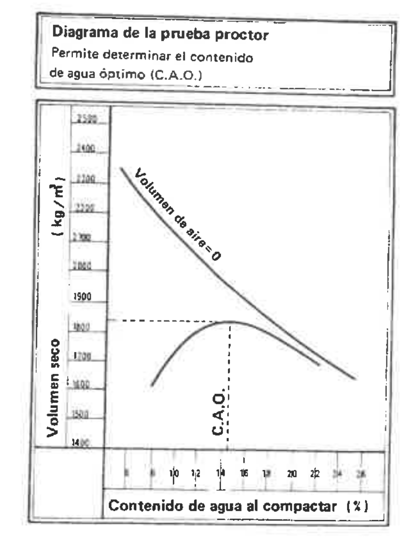


FIGURA 258

PRUEBA PROCTOR STANDARD

Pisón: masa de 2,496 kg. Diámetro de 5,08 cm.
Molde cilíndrico: Volumen de 949 cm^3, altura de 11,70 cm, diámetro de 10,16 cm.
Masa de tierra necesaria: 1,5 kg.
Energía: 6 joules (julios) por cm^3.
Cantidad de golpes por capa: 25.
Espesor de las capas: aproximadamente 4 cm.
Cantidad de capas: 3
Altura de caída del pisón; 30,5 cm.

La figura *257* presenta las características del ensayo PROCTOR

C.A.O%	Observaciones	Posibilidad de estabilización (ver capítulo)	Estabilizante convencional	
de 7 a 9	Bien			
de 9 a 17	Excelente	Fácil	Cemento	
de 17 a 22	Aceptable	Difícil		cal
de 22 a 25	Eventualmente aceptable			

STANDARD. Esta prueba se ha adaptado a la tierra compactada y a los bloques prensados.

Evaluación rápida del contenido de agua óptimo (C.A.O.) en el sitio.

Para estimar en la obra el contenido de agua óptimo, se toma un puñado de tierra con la mano y se deja caer desde una altura de 1,10 m. sobre una superficie lisa. Si, al golpearse en el suelo ella se desagrega en 4 o 5 pedazos, el contenido de agua está correcto, si al contrario ella se aplasta, sin desagregarse la tierra contiene mucha agua. Cuando esta se pulveriza el contenido de agua es insuficiente *(fig. 259)*

b) - Interpretación de la prueba Proctor:

Si la masa seca obtenida en el C.A.O. está contenida entre 1.650 y 1.760 kg/m^3, es regular el resultado, entre 1.760 y 2.100 kg/m^3 el resultado es muy bueno, el material es arcilloso. Entre 2.100 y 2.200 kg/m^3 es excelente y el material rico en granos gruesos. Entre 2.200 y 2.400 kg/m^3 el resultado es excepcional.

3) Pruebas de campo

Los ensayos en laboratorio, definidos y normalizados, requieren de un equipo especializado. Las pruebas que siguen, al contrario, no requieren de herramienta especial y pueden realizarse en el mismo sitio durante la toma de las muestras. Estas proporcionan información calificada que, con la experiencia, permiten una clasificación bastante buena de los suelos y una apreciación directa de sus posibilidades de utilización. Las presentamos en orden arbitrario, comenzando por las sencillas. Se trata, entonces de un inventario acerca de las posibilidades antes que de una selección.

1) PRUEBA DEL OLOR

Se toma una muestra en estado húmedo para detectar partículas orgánicas que generalmente despiden olor a "moho". El olor se hace más intenso cuando estos suelos se humedecen y se calientan. En princi-

pio no deben utilizarse en construcción.

2) PRUEBA DE LA MORDEDURA

Esta es una forma rápida de constatar la presencia de arenas, limos y arcillas: se toma una pizca de tierra y se tritura ligeramente entre los dientes:

a) Suelo arenoso: Las pertículas de arenas crujen desagradablemente entre los dientes. Esto se produce aun cuando se trata de arena muy fina.

b) *Suelo limoso:* Las partículas de limos son más pequeñas que las de las arenas, y aunque crujen entre los dientes, esto no es desagradable, y el crujido es menor.

c) Suelo arcilloso: Las partículas de arcilla no crujen. Al contrario; la arcilla parece lisa y harinosa entre los dientes. Una pastilla de tierra seca con alto contenido de arcilla es bastante pegajosa y al colocarla sobre la lengua esta la atrapa bruscamente.

3) PRUEBA DEL BRILLO

Toman una bolita de tierra ligeramente húmeda y cortarla en dos con un cuchillo. Si la superficie del corte se presenta brillante la tierra es arcillosa plástica; si la superficie se aparece mate, es probablemente limosa.

4) PRUEBA DEL TACTO

La sensación obtenida con el tacto permite determinar en el sitio con alguna exactitud el componente básico del suelo: Se toma una muestra a la cual se le retiran las partículas gruesas, de dimensiones superiores a 5 mm.; se amasa y se pulveriza entre los dedos y la palma de la mano, lo que permite evaluar la dimensión de los componentes:

Arenas: Las partículas de arena seca ofrecen al tacto sensación de rugosidad;
Limos: Los limos secos dan igualmente una sensación de rugosidad, pero menos acentuada; los limos húmedos tienen una mediana plasticidad;
Arcillas: Las arcillas secas se presentan en terrones o granos bastante voluminosos, y ofrecen alta resistencia al aplastamiento. Húmedas son plásticas y se pegan a los dedos. Los suelos areno-limosos emiten cuando se les tritura entre el pulgar y el índice cerca de la oreja un crujido audible.

5) LAVADO DE LAS MANOS

Al lavarse las manos con la tierra como si se tratara de jabón, se obtienen algunas indicaciones. Húmedos, los suelos arcillosos dan una sensación untuosa o jabonosa, dificultando el enjuague de las manos. Los suelos limosos son polvorientos y no presentan dificultades en el enjuague. Los suelos arenosos se enjuagan fácilmente.

6) PRUEBA DE LA VISTA

Permite hacerse una idea de la proporción y el tamaño de las partículas de los componentes más gruesos y por deducción, de las partículas

más finas. Sin embargo las finas visibles a simple vista son aquellas de 0,08 mm, los granos de archillas y limos no son visibles.

PRUEBA DE SEDIMENTACION SIMPLIFICADA

Se escoge un frasco de vidrio transparente, provisto de una abertura suficientemente amplia, que se pueda tapar con la mano. Este frasco debe ser cilíndrico, tener un fondo plano y una capacidad mínima de medio litro. Se llena de tierra hasta un cuarto de su altura y se completa el resto con agua. Tapando el frasco, se agita vigorosamente, para dejarlo luego en reposo sobre una superficie horizontal. Al cabo de una hora, se agita de nuevo y se deja decantar. Cuarenta y cinco minutos más tarde se observa que la arena se ha depositado en el fondo rematada por una capa de limos. Encima se observa en suspensión la arcilla.

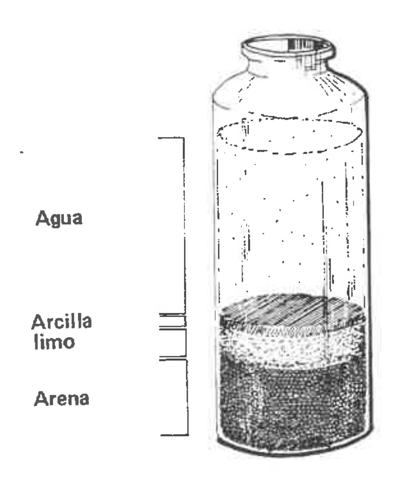


FIGURA 260: SEDIMENTACION SIMPLIFICADA

Ocho horas más tarde, se mide la altura de las diferentes capas y la total de los sedimentos. Se obtiene así una idea de las proporciones de cada uno de los componentes del suelo *(fig. 260)*.

PRUEBAS PARA LOS COMPONENTES FINOS

Para efectuar las siguientes pruebas, los componentes fienos serán previamente aislados por tamizado o decantación.

• Decantación

Esta prueba se inicia como la de "sedimentación simplificada" descrita anteriormente: Se agita fuertemente el recipiente que contiene la muestra de tierra y se deja decantar durante treinta segundos. Con la ayuda de un tubo de caucho haciendo el oficio de sifón, se toma inmediatamente el agua y los materiales contenidos en suspensión para ser vertido en un recipiente plano. Se deja decantar esta mezcla hasta que el agua se vuelva clara. Enseguida se vierte el agua guardando la muestra de tierra en el fondo del recipiente. El eceso de agua que contiene todavía la muestra se elimina por evaporación. Para facilitar el procedimiento basado en el principio del sifón, se recomienda llenar completamente con auga el tubo de caucho y taponar los dos extremos del mismo con los dedos. Enseguida se introduce uno de los

extremos en el frasco, vigilando que el otro se encuentre más bajo que el recipiente.

• Prueba de la sacudida

Se toma una porción de la muestra decantada, que se hace rodar en la cavidad de la mano hasta obtener una bola de 2 o 3 cm de diámetro. La tierra deberá estar blanda para que la bola tenga consistncia y para que no se peque a los dedos. Se aplasta ligeramente la bola en la palma de la mano extendida horizontalmente y con el costado exterior de la otra se golpea vigorosamente la mano. Las sacudidas obligan a que el agua salga a la superficie de la muestra y entonces el aspecto de la tierra, puede ser liso, brillante o graso *(fig. 261)*. En seguida se presiona la tierra entre el pulgar y el índice de la otra mano para observar las modificaciones en el aspecto de la bolita.

a) reacción rápida: El agua sale a la superficie entre los 5 y 10 golpes. Presionando la muestra inmediatamente desaparece el agua y la superficie se vuelve mate. Presionando con mauor fuerza la muestra se pulveriza. Se trata entonces de una arena muy fina o de limos gruesos sin materia orgánica. La presencia de una proporción baja de arcillas suprime esta reacción.

b) reacción lenta: El agua aparece en la superficie después de 20 a 30 golpes. En seguida, cuando se presiona la muestra, no se resquebraja ni se pulveriza sino que se aplasta como una bola de masilla. Esto indica un limo ligeramente plástico o una arcilla limosa.

c) reacción muy lenta o ausencia de reacción: Cuando el suelo es arcilloso la reacción se hace más lenta y al presionar la muestra la superficie permanece brillante.

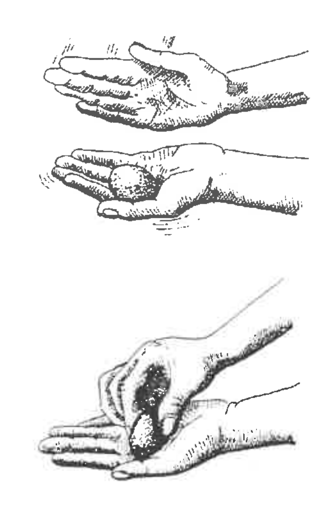


FIGURA 261: PRUEBA DE LA SACUDIDA

• Prueba del cordón

Esta prueba aporta precisiones complementarias al ensayo de las sacudidas; no es necesario cuando este último ha dado como resultado "reacción rápida". Se toma una porción de tierra del tamaño de una aceituna humedecida lo suficiente como para que sea moldeable con la mano sin que se adhiera a los dedos. Luego, sobre una superficie plana y limpia se hace rodar para formar un cordón que debe ser adelgazado progresivamente.

Si éste se rompe antes de alcanzar un diámetro de 3 mm, la tierra está muy seca y deberá ser humedecida. Cuando el contenido de agua es el correcto, el cordón se rompe al alcanzar e diámetro de 3 mm *(fig. 254)*.

Si la porción de tierra se fragmenta fácilmente sin lograr hacer el cordón, cualquiera que sea la cantidad de agua, el suelo contiene poca arcilla.

Si se logra hacer el cordón, en el momento que se quiebre, se debe hacer una bolita con los pedazos para proceder a aplastarla entre el pulgar y el índice.

a) cordón duro. La bolita se aplasta con dificultad y no se fisura ni se fragmenta, entonces el contenido de arcilla en el suelo es alto. Para ser utilizado en construcción, este material deberá ser mezclado con otros.

b) cordón semiduro. La bolita se fisura y se fragmenta al presionarla entre los dedos. Este suelo es apto para la construcción en general.

c) cordón frágil. Cuando el suelo contiene mucho limo o arena y poca arcilla, al hacer la bolita esta se rompe y se fragmenta. Este suelo puede ser utilizado en la construcción de muros.

d) cordón blando y esponjoso. Algunas veces los cordones y las bolitas son blandos, y estas entre los dedos se vuelven esponjosas. Se trata de tierras orgánicas, no convenientes para la construcción.

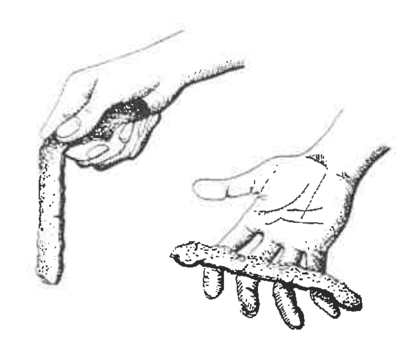


FIGURA 262: PRUEBA DE LA CINTA

• Prueba de la cinta

Esta es una prueba complementaria a la anterior. Se toma una muestra de tierra se enrolla de tamaño de un cigarro de 12 mm de diámetro. La tierra no debe ser pegajosa y debe estar húmeda para que se pueda hacer un cordón continuo de 3 mm. de diámetro como en la prueba anterior: Colocar el rollo en la palma de la mano y, comenzando por un extremo aplastarlo por presión del pulgar y el índice hasta obtener una cinta de 3 a 6 mm. de espesor *(fig. 262)*. Manejarlo con precaución para obtener la mayor longitud posible. Medir la longitud en la cual la cinta se rompe.

a) cinta larga: La cinta puede alcanzar con algunos suelos de 25 a 30 cms. sin romperse. Esto indica que el suelo posee un alto contenido de arcilla. Deberá ser utilizado con estabilizante.

b) cinta corta: Si se obtiene, aún con dificultad, una cinta de 5 a 10 cm.; el contenido de arcilla del

SUELOS	PRUEBA DE LA SACUDIDA	PRUEBA DE RESISTENCIA EN SECO	PRUEBA DEL CORDON	PRUEBA DE LA CINTA	U S O S	ESTABILIZANTES
SUELOS ARCILLOSOS O LIMOSOS						
Arenas finas Arenas finas limosas Arenas finas arcillos. Limos arcillosos	Varia de "rápida" a "lentâ"	"Baja" a "ninguna" generalmente ninguna	Cordón frágil o sin resistencia	Cinta corta o no hay cinta	Conviene para todos, especialmente el adobe estabilizado.	Cemento el mejor; las emulsiones de asfalto y los productos hidrófobos convienen.
Limos	Entre "lenta" y "ninguna"	De baja a mediana	Cordón frágil semi-duro	Cinta corta.	No se debe utilizar; si se usa debe ser con mucho estabilizante.	Cemento, emulsiones de asfalto si el suelo no es muy plástico, los hidrófobos convienen.
Arcillas con gravillas Arcillas arenosas Arcillas limosas	De "muy lenta" a "ninguna"	De mediana a alta	Cordón semi-duro	De cinta corta a larga	Requiere de estabilizante; conviene a las tierras pisadas y a los bloques prensados.	Cal agregando arenas o gravillas Los hidrófobos convienen.
Arcillas Arcillas grasas	Ninguna	Alta a muy alta	Cordón duro	Cinta larga	No debe ser utilizado.	
Limos y arcillas Limos con materias orgánicas	Lenta	De baja a mediana.	Cordón frágil y esponjoso.	Cinta corta o no hay cinta.	No debe ser utilizado.	
Arcillas con materias orgánicas	"Muy lenta" a "ninguna"	De mediana a alta.	De cordón frágil a semi-duro esponjoso	Cinta corta de consistencia esponjosa.	No debe ser utilizado.	
SUELOS CON GRAVILLAS						
Gravillas limosas mezcla de gravillas arenas y limos	Rápida	"Baja" a "ninguna" (generalmente ninguna)	Cordón sin resistencia.	No hay cinta	Estabilizado conviene. Si las gravillas están limpias añadir primero elementos finos.	Cemento el mejor; las emulsiones asfálticas convienen también, y los productos hidrófobos.
Gravillas limosas mezcla de gravillas arenas y arcillas	"Lenta" a "muy lenta"	Mediana	Cordón semiduro. -	Cinta corta (algunas veces larga).	Muy conveniente para todos los técnicos. Si las gravillas están limpias se puede agregar elementos finos.	Cal la mejor, el cemento conviene cuando la mezcla se moldea fácilmente. Productos hidrófobos.
Gravillas limpias.					No conviene. Se puede utilizar mezclado con finos.	
SUELOS ARENOSOS						
Arenas limosas	"Rápida"	Baja o ninguna (generalmente ninguna	Cordón sin resistencia	No hay cinta.	Si se estabiliza conviene. Cuando la arena está limpia se agrega finos.	Cemento el mejor. El asfalto también conviene. Productos hidrófobos.
Arenas arcillosas	"Lenta a "muy lenta"	Mediana	Cordón semiduro.	Cinta corta (algunas veces largas).	Muy bueno, en general, para todos las técnicas.	Cal la mejor, el cemento conviene si la mezcla fácilmente. Los hidrófobos.
Arenas limpias					No es conveniente. Se puede usar al agregar finos.	

suelo oscila entre poco y medio. Es similar a los suelos que ofrecen un cordón semiduro o frágil: Apto para la construcción de muros.

c) no hay cinta: con algunos suelos no se pueden hacer cintas; éstos se pueden utilizar para la construcción de muros con tierra pisada.

• Prueba de resistencia en seco

Estas pruebas también se efectúan sobre los componentes finos de los suelos: Preparar dos o tres pastillas con tierra moldeable de aproximadamente 12 mm. de espesor y de 25 a 30 mm. de diámetro.
Secarlas al sol y posteriormente en un horno. Romper la pastilla y reducirla a polvo entre los dedos índice y pulgar:

a) alta resistencia: Romperla es difícil, se rompe con una palmada como una galleta. No se puede pulverizar con los dedos, se trata de una arcilla casi pura.

b) mediana resistencia: No resulta difícil romper la pastilla y al presionar entre los dedos se pulveriza. Se trata de una arcilla limosa o arenosa.

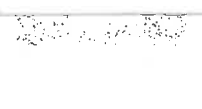
c) baja resistencia: La pastilla se rompe fácil e igualmente se pulveriza. Se trata de limos, arenas finas, en todo caso de un material con bajo contenido de arcilla.

El cuadro a continuación presenta un panorama de posibilidades de algunos suelos, como materiales de construcción.

Test para la identificación rápida de las arcillas (test de Emerson)

El test propuesto por Emerson se realiza sobre una muestra de tierra del tamaño de un fríjol. No debe ser trabajado antes de la inmersión en el agua. Se coloca en un recipiente de vidrio lleno de agua destilada o si nó de agua lluvia.

Al cabo de diez minutos la muestra se encuentra intacta o se ha disuelto. La observación de este comportamiento proporciona una idea preliminar acerca de la naturaleza de las arcillas, sin embargo no debe reemplazar a un análisis mineral riguroso.



- SUMERGIR EL TERRON EN EL AGUA
  - DESAGREGACION
    - dispersión completa (halo) (2)*
      - MONTMORILONITA Na
    - dispersión parcial (halo) (1)*
      - ILITAS Na
    - no hay
      - TOMAR UN TERRON HUMEDO LIGERAMENTE AMASADO Y SUMERGIDO EN EL AGUA
        - DISPERSION
          - ILITA
        - NO HAY
          - ATACAR CON ACIDO (3)*
            - NO HAY REACCION
              - ausencia de carbonato y yeso
                - SACUDIR VIGOROSAMENTE
                  - DISPERSION
                    - ILITA
                  - NO HAY (4)*
                    - CAOLINITA CHLORITA
            - SI HAY
              - presencia de carbonato y yeso
                - Ca Mg ILITA, Ca Mg MONTMORILONITA
  - NO HAY
    - crecimiento
      - SUELO ORGANICO
    - no hay
      - ARCILLA LATERITA

1 La dispersión es rápidamente detectada al observar sobre un fondo oscuro la formación de un halo envolvente, sobre cada partícula. A mayor cantidad de halos, el suelo se dispersa más.

2 Si la migaja no está seca a la primera inmersion, el test es válido para las ilitas, las montmorilonitas y el suelo orgánico.

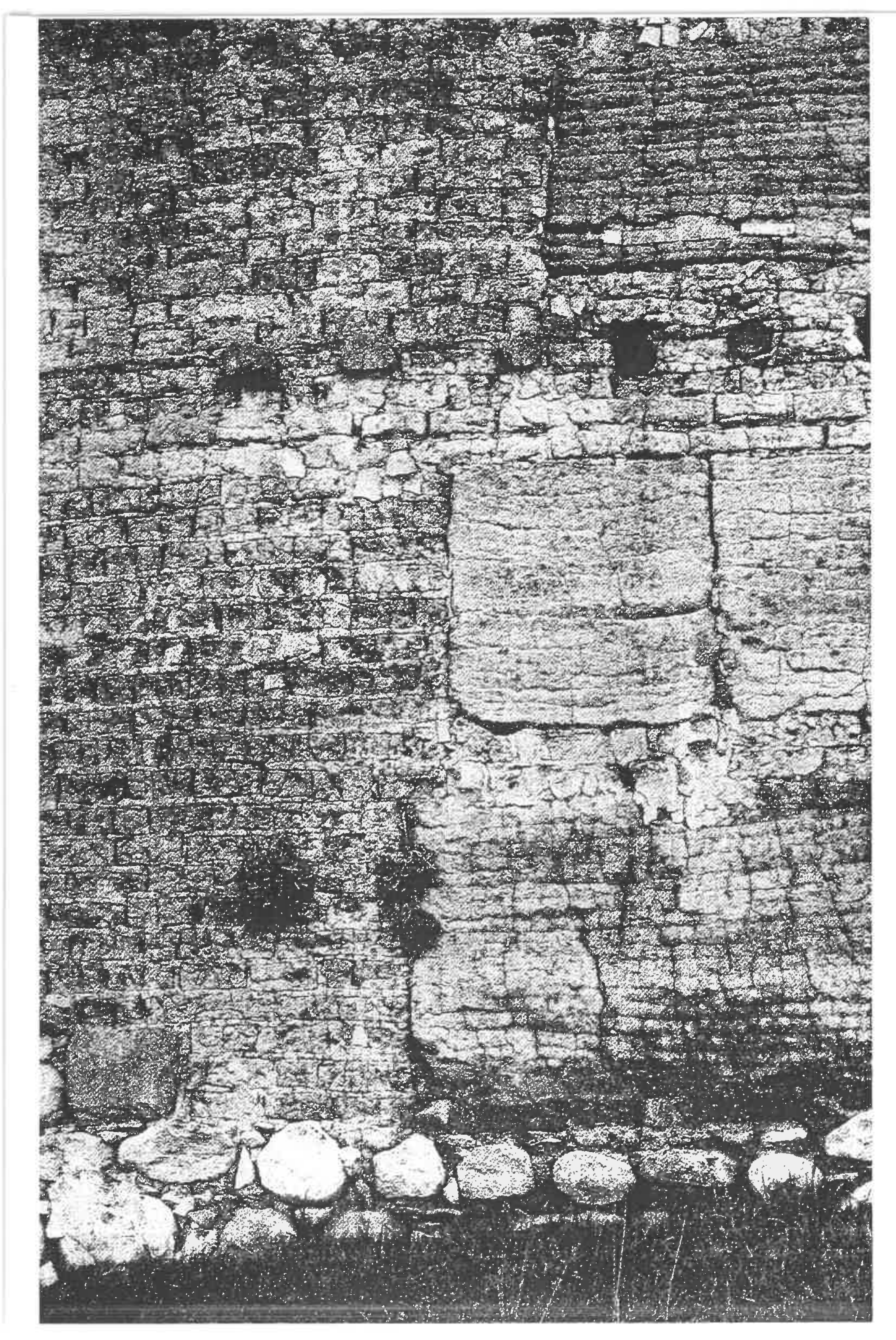
3 Al constatar la efervescencia del suelo por el ataque del ácido se verifica la presencia de carbonato.

4 No hay dispersión cuando, al cabo de diez minutos, la parte superior del líquido se vuelve clara.

Principales componentes de los suelos y sus propiedades físicas			
Grupo	Principales minerales presentes	Tamaño de los granos	Propiedades físicas
Arena fina Sílice	Cuarzo	$> 1\mu$	Sin cohesión, abrasivo
Mica	Muscovite	$> 1\mu$	Sin cohesión
Carbonato	Calcita Dolomita	Variable	
Sulfato	Yeso	$> 1\mu$	Ataca a ciertos cementos
Arcillas	Caolinita	m 1μ $\sim$	No crece Baja plasticidad Poca cohesión
	Ilitas y Micas parcialmente degradadas	Variable	crece Mediana plasticidad
	Montmorilonitas "bentonitas" e interestratificados	$\leq 1\mu$	Crece mucho Muy plásticas
	Chlorita Vermiculita	$\sim 0{,}1\mu$	Crecimiento limitado
Materias orgánicas	No son minerales	Ninguno	Rápido deterioro

Características del material tierra





6 Características del material tierra

La normatización de los procesos de construcción con tierra se encuentra incompleta. En algunos países se han elaborado ensayos precisos sobre las cualidades técnicas mínimas del material, fundamentalmente en lo que concierne al adobe y a la tierra apisonada estabilizada. Estas normas especifican la resistencia mínima y la durabilidad del material permitiendo, entonces a los constructores proporcionar las garantías necesarias dentro de un contexto de producción regulada y seguridad. Otras técnicas como el moldeado directo, la tapia pisada y el adobe tradicional no están normatizadas es decir que el constructor no dispone de una reglamentación precisa ni de una "garantía" jurídica en caso de daños. Sin embargo existen recomendaciones provenientes de diversas fuentes que pueden servir de guía durante el trabajo.

Características generales

Las cifras a continuación fueron extraídas de ensayos experimentales efectuados por diferentes organismos en países como Australia, U.S.A., Francia, y otros. Ofrecen una idea de las características técnicas del material, y pueden auxiliar como base en el diseño arquitectónico. En todos los casos, se han realizado los tests necesarios para verificar si los resultados obtenidos concuerdan con estas características.

Coeficiente de trabajo recomendado:

– compresión: 2 kg/cm^2
– tracción: 0
– cizallamiento: 0,3 kg/cm^2

Esto corresponde a una construcción de un piso.

Resistencia a la compresión:

estabilización con cemento: 50 a 100 kg/cm^2
estabilización con cal: 30 a 80 kg/cm^2
estabilización con asfalto: 15 a 60 kg/cm^2
estabilización con fibras: 5 a 20 kg/cm^2
estabilización con productos químicos: 20 a 40 kg/cm^2
estabilización con productos químicos excepcionales: 150 a 400 kg/cm^2

Resistencia a la compresión en estado húmedo
Alrededor de la mitad de la resistencia en estado seco.

Resistencia a la tracción:
(Prueba brasilera), 1/5 de la resistencia a la compresión.

Módulo de Young:
7.000 a 70.000 kg/cm^2

Permeabilidad:
1 x 10^{-6} cm/segundo.

Contracción lineal al secado de la tierra apisonado estabilizada:
2 mm/m.

Contracción lineal horizontal debida al mortero en un muro de bloques de 30 x 30 x 30 cm: 1,07 a 2 mm por 5 M.

Dilatación térmica:
0,012 mm/M por °C.

Características térmicas:
Coeficiente de conducción: 0,44 a 0,57 Kcal/h m °C

calor específico: C= 0,2 Kcal/kg.

coeficiente de transmisión global K de un muro de tierra estabilizado:

muro de 20 cm:
1,6 Kcal/h M2 °C 1,96 W/M^2 °C

muro de 30 cm:
1,2 Kcal/h M2 °C 1,39 W/M^2 °C

muro de 40 cm:
1 Kcal/h M^2 °C 1,16 W/M^2 °C

muro de 50 cm:
0,8 Kcal/h M^2 °C 0,93 W/M^2 °C

Amortiguación térmica para un muro de 40 cm:
m = 10%
Defasaje horario para un muro de 40 cm: 8 a 12 horas.

Características fónicas
Muro de 40 cm: amortiguación para una frecuencia de 500 Hz= 56 dB.

Ensayos normalizados

Estos ensayos provienen del cuaderno de cargas de la construcción con adobe estabilizado en U.S.A.

Ensayo de compresión

Esta prueba se efectúa sobre dos probetas cilíndricas de 5 cms. de diámetro y de 5 cm. de alto. Las muestras son moldeadas con las mismas características que el material que se va a someter a prueba: moldeado en estado húmedo para el adobe; apisonado para la tapia pisada y los bloques prensados. Luego de un primer secado que se realiza para evitar las fisuras por contracción, las probetas se colocan en un horno a 66°C hasta que alcancen un peso constante. Se asegura, entonces, el paralelismo de las superficies portantes de las muestras distribuyendo una capa de yeso en las partes superior e inferior del cilindro. Las probetas son, enseguida sometidas a prueba con un aparato especial o algún otro sistema equivalente. Se realizan las pruebas sobre cinco muestras con el objeto de obtejer un promedio. La fuerza ejercida por la máquina puede va-

riar de 500 kg, para las muestras menos resistentes, a 1,500 kg para las más resistentes.

Resistencia a la flexión (módulo de rotura)
Las muestras de gran tamaño o los bloques enteros, pueden ser sometidos a la prueba de flexión: Se les coloca sobre dos soportes paralelos en forma de tubo, separados entre sí 25 cm. A través de un tubo horizontal, se aplica una carga concentrada en la mitad del bloque, a prueba a razón de 250 kg por minuto. Se anota la carga en la cual se rompió el bloque. El módulo de rotura puede ser calculado con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{3}{2} \times 25 \times \frac{P}{1 \times e^2}$$

R = módulo de rotura en kg/cm^2
25 = distancia de apoyo en cm
a = ancho del bloque en cm.
e = espesor del bloque en cm

Se toma un promedio de las cinco muestras para establecer el módulo de rotura.

Absorción
Del material se cortan cinco cubos de 10 cm. de lado. Estas muestras se dejan secar en el horno hasta obtener un peso constante. La pérdida de peso se deberá anotar (contenido de agua). Luego de ser enfriadas, las muestras se colocan sobre una superficie porosa saturada de agua, y en una atmósfera húmeda. Al cabo de siete días se mide el aumento de peso de las muestras que se expresa en porcentaje de peso seco. El promedio de las cinco muestras es la absorción.

Erosión:
Se coloca un bloque de tierra en sentido vertical, sin importar el tamaño sobre una malla y frente (17 cms. de distancia a una manguera que lo riega a una presión horizontal de 1,6 kg/m^2 durante dos horas. Luego se procede a medir la pérdida de peso del bloque y la profundidad de los huecos formados por el agua. La mayoría de las veces estos resultados se obtienen a título indicativo, ya que una ligera erosión o una superficie dañada, como si fuera granizo no deben ser consideradas desfavorablemente.

Mojado-Secado (ASTM normas D 559-44 y D 560-44)

Preparar tres muestras A, B y C. A servirá para el estudio de las variaciones de volumen y el contenido de agua, B y C serán utilizadas para determinar la pérdida peso del material luego de cada ciclo. La muestras se secan al aire y se someten a una serie de doce ciclos comprendiendo:
– 5 horas de inmersión al término de las cuales la prueba A es medida y pesada.
– 42 horas de secado en el horno a una temperatura de 60°C.

La prueba A es medida y secada, mientras que las B y C son cepilladas (4 veces en los extremos, 18 a 20 en las paredes). Estas son enseguida pesadas. El ciclo completo no debe exceder a 48 horas. El ciclo se repite 12 veces e inmediatamente las pruebas se secan a 100°C hasta

obtener el peso constante. Luego de los doce ciclos la pérdida máxima admitida es del 10%.

Normas y recomendaciones

UBC 1958 (Uniform Building Code U.S.A.). (Normas para la construcción)). Para el adobe estabilizado:

— compresión (mínima): 24 kg/cm²
— módulo de rotura (mínimo): 4 kg/cm²
— absorción en 7 días (máximo): 2,5% del peso seco.
— contenido de agua (máxima): 4% del peso seco
— erosión: profundidad promedio de los huecos, 0,15 cm.
— fisuras: no deben tener más de 3 mm de ancho y 7,5 cm. de largo. Ni tampoco más de 3 fisuras por bloque.

REEF (CSTB) (Francia1945) para la tierra apisonada estabilizada:
— resistencia a la compresión: 15 kg/cm²
— coeficiente de trabajo: muros exteriores, 1 kg/cm²
muros interiores, 2 kg/cm²

Recomendaciones de la O.N.U. (Centro Interamericano de la Vivienda CINVA)
— resistencia en estado húmedo (mínima): 14 kg/cm²

• *Pérdida de peso luego de doce ciclos de mojado-secado:*
— construcciones urbanas: 5% para todos los climas, 10% en clima seco.
— construcciones rurales sencillas: 10% para todos los climas.

• *Muros:* el módulo del muro está definido por la relación entre la altura y el espesor.
— módulo: debe ser inferior a 18
— coeficiente de seguridad sobre la resistencia a la compresión: según el módulo del muro.

módulo	coeficiente de seguridad
16	41
14	25
10	18
6	12

Recomendaciones para el adobe estabilizado (Perú)

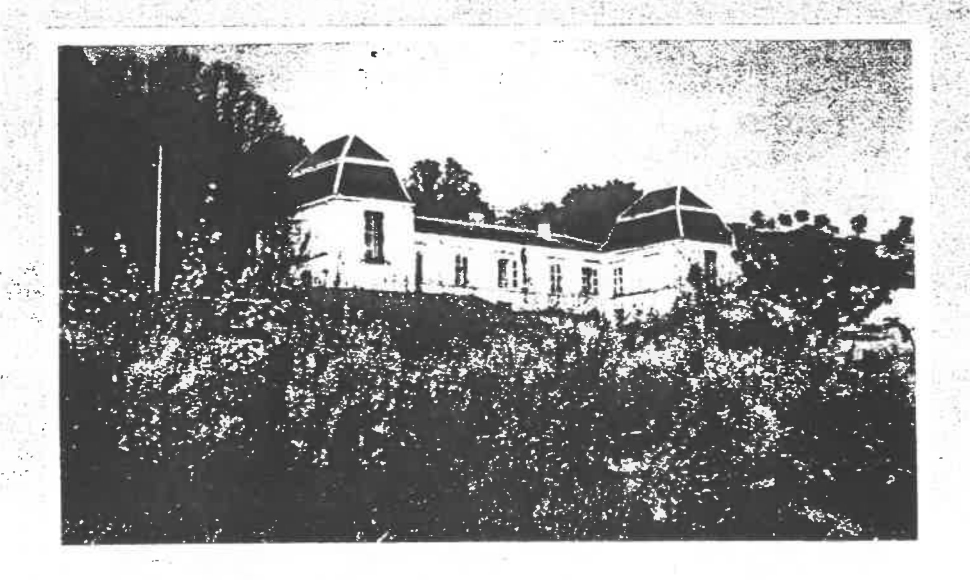
— resistencia a la compresión: 17,6 k/cm²: bueno
17,6 a 14 kg/cm²: en el límite inferior a 14 kg/cm²: malo
— módulos de rotura: 3,5 kg/cm²: bueno inferior a 3,5 kg/cm²: malo
— absorción: 2% o menos: excelente.
2 a 3%: bueno
3 a 4%: aceptable
4% y más: insuficiente

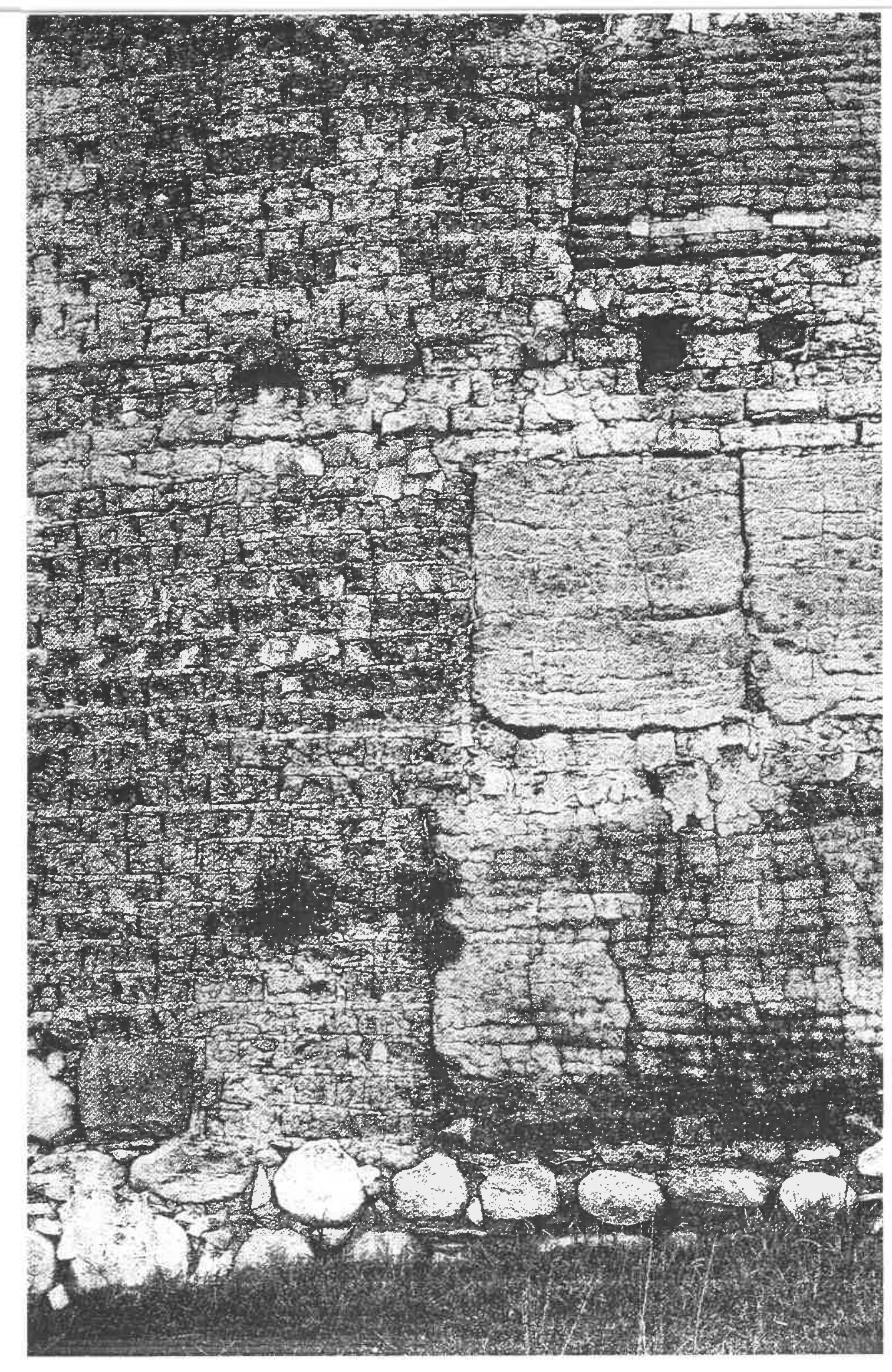
Recomendaciones de Middleton (Australia)
La relación del espesor de los muros portantes en su base y la altura total no debe ser menor que 1/18. Tradicionalmente los constructores respetaban la regla de no dejar entre vanos (puertas y ventanas) una superficie mayor a 1/3 de la del muro. Esta regla, un poco simplista y muy restrictiva (salvo en las zonas sísmicas), puede ser reestudiada. Los muros de tierra son particularmente vulnerables a los esfuerzos horizontales, causados por el golpe de las ventanas cuando hay ventisca. El cuadro siguiente presenta las longitudes máximas de los muros entre

los puntos de refuerzo exteriores o los tabiques divisorios interiores.

Espesor del muro (en m)	0,30	0,35	0,40	0,45
y altura del muro: 1 nivel (en m) comprendido entre	2,75/3	3/4	3/5	3/5,5
2 niveles (en m) entre	4/5	4/6	5/6,7	5 6,3
la longitud máxima entre dos puntos de refuezo del muro (en m) será:				
Muro sin vano	9	10,75	12	13,75
Muros con uno o varios vanos no mayores de 1,4 m, medidos horizontalmente del centro del muro	7,3	8,5	9,75	11
Muros con un vano en un extremo que no se extienda más allá del centro del muro	65,	7,5	8,5	9,5
Muro con varios vanos o solo uno de 3,6 m de ancho	5,5	6,5	7,3	8

La estabilización





7 La estabilización

La elección fundamental cuando se trata de construir con tierra implica:

1) Utilizar la tierra disponible en el sitio, por lo tanto desarrollar el proyecto teniendo en cuenta las propiedades de ese material.

2) Procurarse una tierra de mejores características.

3) Mejorar las características de la tierra local con el objeto de obtener el material a conveniencia.

Cuando las dos primeras soluciones no se pueden ejecutar, queda la tercera como opción. Nosotros llamamos ESTABILIZACION DE LOS SUELOS, al conjunto de los procedimientos que permiten mejorar las características de los mismos.

Definición y reglas

Un proceso de estabilización puede ser definido como un método físico, físico-químico o químico que permite a un suelo, a una tierra, responder satisfactoriamente a las exigencias impuestas para su utilización en una obra. Para la estabilización deberá conocerse:

- las propiedades de la tierra a tratar.
- las mejoras deseadas
- los productos, materiales o procesos a emplear
- los sistemas constructivos
- el planeamiento de la obra, los costos y presupuestos y la programación
- las condiciones para el mantenimiento y el funcionamiento.

Se obtendrá una buena solución si, partiendo de estos datos, se está en condiciones de proponer el procedimiento que permitirá una mejora sensible de las propiedades de la tierra compatible con una técnica óptima, con los plazos y términos de ejecución, con los costos de realización y mantenimiento, y las otras determinantes del programa. Todo esto ofrece una idea de la

complejidad de él y justificaría la redacción de un manual sobre la estabilización. Nuestro propósito es modesto: presentaremos aquí con una breve descripción las principales soluciones generalmente utilizadas.

La estabilización, empleada desde hace mucho tiempo ofrece un amplio campo de aplicaciones en la ingeniería civil, y responde a tres objetivos:

— Reducir los volúmenes de vacíos entre las partículas sólidas (porosidad)
— Rellenar los vacíos que no se pueden suprimir (permeabilidad)
— Unir o mejorar los enlaces existentes entre las partículas (resistencia mecánica)

Estos objetivos permiten mejorar las características mecánicas del material y reducir su sensibilidad a la acción del agua: crecimiento y contracción, reducción de las calidades de cohesión y de rigidez, erosión, gelificación. Por supuesto que las mejoras obtenidas deben tener un carácter permanente. Algunos de estos principios serán ilustrados en los ejemplos siguientes.

La arena: Es un material polvoriento. Los granos poseen una gran libertad de movimiento: una duna de arena seca no tiene consistencia, un vehículo se vara en ella *(fig. 263)*.

Poca cantidad de agua, crea uniones entre los granos de arena: ésta húmeda es un material coherente que permite la realización de castillos "majestuosos" y sobre la cual los vehículos circulan hasta que el sol y el viento al secar la arena suprimen la cohesión.

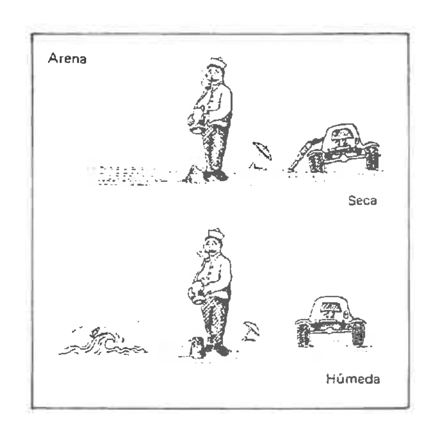


FIGURA 263

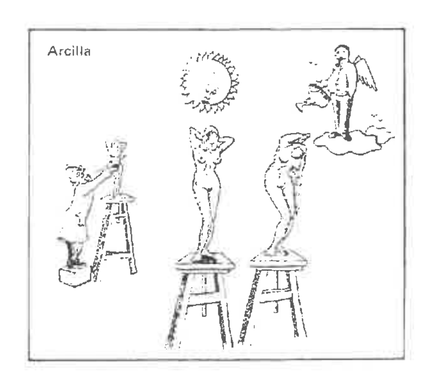


FIGURA 264

La arcilla: Al contener una cierta cantidad de agua, la arcilla es maleable y plástica: posee cierta cohesión. Al secar, su cohesión aumenta: endurece. Un nuevo humedecimiento produce una pérdida de cohesión, erosión *(fig. 264)*.

Estas propiedades fundamentales son aprovechadas en los diversos métodos de construcción con tierra. En el caso de los bloques de tierra, se aprovecha el aumento de cohesión de la arcilla seca. En la tapia pisada, este incremento de cohesión se asocia a la limitación de la contracción producida por la presencia en el material de granulados (arena y gravilla). En el B.T. E. (Bloque de Tierra Estabilizada), la presencia de un ligante, (cemento, cal, asfalto) tiende a volver irreversibles las mejoras producidas.

Aplicación de la estabilización

1. Estabilización de las tierras en el sitio

Las posibilidades casi que se reducen a la aplicación de dos procedimientos: El drenaje y la inyección.

DRENAJE

Consiste en provocar la salida de una parte del agua localizada entre las partículas del suelo evitando su posible retorno. Sobre los suelos con alto contenido de finos, limos y arcillas es largo de obtener, siendo sin embargo sobre este tipo de material que se produce el mejor efecto estabilizador. La salida del agua provoca una contracción del suelo y un fortalecimiento de las uniones entre las partículas.

INYECCION

Consiste en reemplazar una parte del agua situada entre las partículas del suelo por un producto que rellena los vacíos y permanece allí impidiendo el retorno del agua *(fig. 265)*.

El producto de inyección deberá ser fluido para penetrar el material, así como "adherrise" a él. Posteriormente producirá una buena estabilización al cohesionar las partículas del suelo. Los principales productos de inyección son las arcillas, las cales y los cementos que llenan los vacíos y mejoran los enlaces entre las partículas. Estos productos presentados en forma de polvo deben ser mezclados con agua para conformar los "aglomerantes" de inyección. Cuando la fluidez de estos aglomerantes no es suficiente,





FIGURA 265: INYECCION DEL ESTABILIZANTE.

para permitir la inyección de suelos finos y poco permeables, se utilizan, entonces, productos que mezclados con agua conforman aglomerantes más fluidos: se trata de silicatos y ciertas resinas.

2. Estabilización de tierras procesadas

En este caso, la tierra se extrae de un sitio, para ser utilizada en otro lugar. Las diferentes operaciones que se requieren en este proceso facilitan la estabilización. La construcción con tierra (diques, pistas, carreteras, edificios) requiere la mayoría de las veces de tierras modificadas a las que concierne este modo de estabilización.

1. ESTABILIZACION SIN APORTE DE ESTABILIZANTE

Consiste esencialmente en una reducción de la porosidad del material por el acercamiento de sus partículas.

a) Compactación. Una acción mecánica aumenta la compacidad del material. Esta puede ser:

— Estática: rodillos cilíndricos. Rodillos de martinete, de ruedas... prensas y moldes para la fabricación de bloques.

— Dinámica: rodillos vibrantes. Agujas y encofrados vibrantes. Pisones.

— Compleja: Proyección, amasamiento.

La eficacia del apisonamiento depende esencialmente de la granulometría del material y de la naturaleza de la compactación. Los procesos estáticos son en general más eficaces para los suelos ricos en finos, mientras que para los suelos ricos en elementos gruesos la vibración es la más eficaz. Es así como las prensas se adaptan para la fabricación de bloques de arcilla mientras que el hormigón, rico en gravillas, se densifica bien con la ayuda de agujas vibrantes.

La energía de compactación y el contenido de agua del material son factores determinantes. Un ensayo normalizado ha sido definido (Prueba PROCTOR) con el objeto de determinar para los suelos, el contenido de agua correspondiente a la mayor compacidad. Este contenido de agua se llama el *óptimo* Proctor. La compactación, al reducir la porosidad del material, mejora sus características. Pero es necesario señalar que al utilizar sólo este proceso las mejoras obtenidas no serán permanentes los materiales finos. Toda construcción con tierra se degrada con el paso del tiempo por la acción del agua, lo que obliga a protegerla y a interesarse por productos que añadidos a la tierra reducen su sensibilidad a la acción del agua: los estabilizantes.

b) Desecación. Al desecar un material con alto contenido de finos, sin el apisonamiento, limitando los efectos nocivos (fisuras), se aumenta la cohesión del material. Esta propiedad juega un papel principal en las técnicas de construcción con bolas o bloques. El

resultado obtenido corresponde a aquel que proporcionaría una compactación baja, siendo necesario para evitar las grietas producidas por la compactación, limitar los tamaños de las bolas. He aquí el interés de un buen apisonamiento que reduzca los riesgos por fisuras debidas a la contracción.

2. ESTABILIZACION CON APORTE DE ESTABILIZANTE

a) Estabilizantes químicamente inertes

Se trata de materiales que añadidos a los suelos reducen los efectos nefastos de la contracción. Estos son:

— Las arenas y las arcillas, cuya función es particularmente bien explotada en la tapia pisada.
— Las fibras vegetales y animales, muy eficaces, baratas y fácilmente utilizables en la fabricación de bloques.
— Las armaduras: bandas de polímeros y de aleación de aluminio utilizadas en la construcción de taludes con "tierra armada", en las cuales no se limita la función a la disminución de los efectos por contracción.

b) Estabilizantes físico-químicos

Para los suelos arcillosos una buena compactación es absolutamente necesaria y añadir estabilizantes inertes permite aún obtener un material de características aceptables. Ellos reducen un poco la sensibilidad al agua, bajo la acción de la cual estos materiales se degradan rápidamente. En estas condiciones, resulta conveniente agregar un estabilizante físico-químico. La acción de estos productos, generalmente compleja y poco conocida no será tratada en detalle. Señalaremos las principales condiciones para su eficacia. Ellas deben ser:

— efectivos en una baja concentración (menos del 10% del peso seco de la tierra);
— incorporables con un equipo sencillo.

Los productos solubles o miscibles en agua resultan de especial consideración:
— costo compatible con la mejora obtenida que justifica la escogencia de la tierra para construir sobre otro material;
— eficaces para toda una gama de suelos. Es necesario, sin embargo, señalar que, actualmente, no existe un "estabilizante milagroso" universal y que pruebas preliminares son siempre necesarias;
— efectivos, cualquiera que sea el contenido de agua en el momento del tratamiento;
— listos a asegurar la permanencia de la estabilización ante las variaciones climáticas;
— su aplicación no debe ser muy larga ni muy corta para que no se vea trastornada la obra ni deba ser alargado el tiempo de construcción.

3. Principales estabilizantes físico-químicos

La estabilización físico-química de las tierras arcillosas tiene por principal objetivo disminuir la sensibili-

dad de la tierra al agua. En efecto, una buena compactación es suficiente para proporcionar las características mecánicas no despreciables y aceptables en la mayoría de los usos corrientes. En cuanto a la reducción de la sensibilidad de la tierra ante el agua, esta puede ser obtenida con la ayuda de productos que hagan a las arcillas menos hidrófilas.

LOS HIDROFOBOS

a) Derivados aminados: Derivados del amoníaco, estas son sales de amonio o de las aminas en solución en un disolvente orgánico, que debe ser esparcido en el agua (ej: "Aliquad"). Son eficientes en contenidos bajos: 1% y menos.

b) Resinas: La justificación más utilizada para su empleo es inducir a la formación en el suelo de una matriz resistente debida a la polimerización de la resina. A este efecto de cementación se agrega una sensible reducción ante la acción del agua, lo que justifica su aprecio como hidrófobo. Se puede utilizar:

— Las resinas abiéticas, que pueden provenir de los residuos por el tratamiento de la madera cuando se está fabricando la pulpa para el papel.
— La resina de anilina furfural y la resina de resorcinol-formaldehido cuya función esencial es la cementación.

A pesar que la acción es poco conocida, las resinas deben ser tenidas en cuenta ya que son activas y requieren de baja concentración. Por otra parte, derivadas de sustancias vegetales, se pueden producir y utilizar en regiones donde los otros estabilizantes deban ser importados.

c) Asfaltos e hidrocarburos: Se pueden utilizar para la estabilización las emulsiones de asfalto y los asfaltos fluidificados (cutbacks).

LOS LIGANTES

En los suelos poco arcillosos, es decir poco sensibles a la acción del agua y con una baja cohesión la estabilización físico química deberá preponderar las propiedades del producto estabilizado (llamado ligante o aglomerante) con relación a aquellas del suelo. Los aglomerantes podrán ser utilizados en suelos arcillosos cuando se desee obtener características mecánicas óptimas.

Cales aéreas:

a) Cal viva y cal hidratada: Utilizada para la estabilización de los suelos finos arcillosos, las cales con contenidos que oscilan del 4 al 10% producen en la mayoría de los casos mejoras sensibles en las propiedades mecánicas del suelo. Es así como, la resistencia a la compresión, puede fácilmente ser multiplicada por 4 o 5. La utilización de la cal viva, permite el empleo de tierras en el momento de la extracción, con alto contenido de agua. En efecto, en presencia del agua en el suelo, la cal viva se transforma en cal hidratada (apagarse), lo que reduce otro tanto el contenido de agua del material. Se puede así evitar la operación de secado del suelo. Como el endurecimiento de la cal se

produce en el aire por la presencia de gas carbónico, al interior de los muros o de los bloques prensados este es prácticamente nulo. Al agregar productos con propiedades puzolánicas (puzolanas, escoria, cenizas volantes...) se confiere cierta hidraulicidad a la cal permitiendo fácilmente un aumento sensible en la resistencia mecánica.

b) Cales hidráulicas y cementos:
Estos ligantes en contenidos del 4 al 10% producen mejoras sensibles sobre las características de las tierras arenosas. Su hidraulicidad natural hace inútil añadir productos puzolánicos. El material que se obtiene por estabilización con cemento presenta finalmente pocos puntos comunes con la tierra, que inicialmente fue objeto del tratamiento. Al agregar productos como la sosa, el sulfato de sodio, el metasilicato de sodio, puede en algunos suelos reforzar el tratamiento del cemento. Por el contrario, la presencia en el suelo de materias orgánicas o de sulfatos es perjudicial para la acción de algunos cementos.

c) Lignosulfitos: Estos productos derivados de la industria de la pulpa de papel tienen un comportamiento también como ligantes. Algunas veces y según la región, son más económicos que los cementos, además son efectivos en contenidos del uno al dos por ciento. Presentan un inconveniente, al perder su resistencia en presencia de agua. Sin embargo pueden ser fijados al agregar sales (cromo-lignina).

d) Silicato de sodio: Se utiliza asociado con un reactivo en las técnicas modernas de inyección, el silicato de sodio constituye, bajo la acción del reactivo, un "gel" que otorga a ciertos suelos arcillosos cohesión adicional.

e) Asfaltos: Utilizados generalmente fluidificados, actúan como hidrófobos en los suelos arcillosos y como ligantes en los arenosos.

f) Resinas: Las resinas de origen vegetal presentan además de su acción como hidrófobos, una función de enlace. Las resinas sintéticas al polimerizar pueden conformar excelentes aglomerantes, pero generalmente se trata de productos costosos y que requieren de altos contenidos.

4. Algunas conclusiones

La estabilización físico-química para los suelos arcillosos aporta esencialmente una reducción a la sensibilidad por la acción del agua. Los hidrófobos utilizados para ello son diversos y variados, generalmente de origen vegetal y algunos de ellos probablemente desconocidos como tales... El estudio de factibilidad de la construcción con tierra debe hacerse a nivel regional e incluir un reconocimiento y censo de los recursos naturales y de los productos locales. Esto debería permitir la investigación sobre estabilizantes eficaces, baratos y de producción local.

Para los materiales arenosos, la mejora de la cualidades mecánicas debe hacerse a través del empleo de ligantes. Podrán ser las mismas que

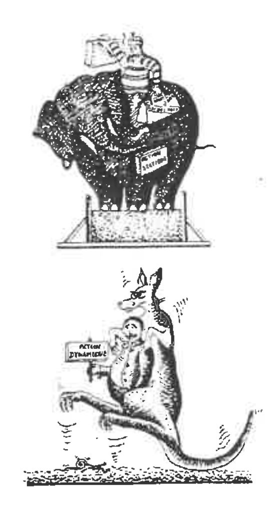


FIGURA 266:
COMPACTACION:
COMPACTACION ESTATICA,
COMPACTACION DINAMICA

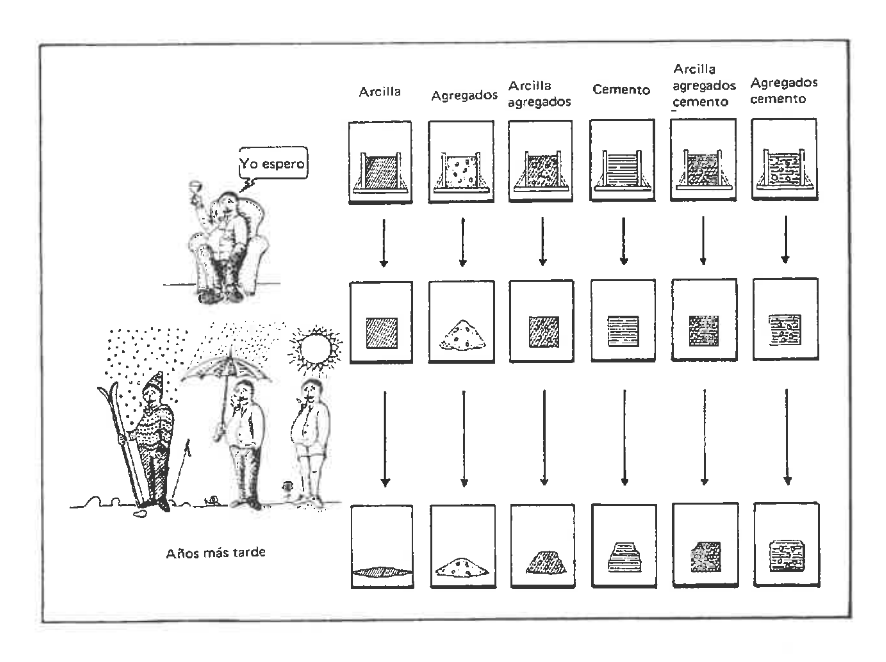


FIGURA 267: COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES MEZCLAS: INMEDIATAMENTE SE DESMOLDA (COHESION) Y ALGUNOS AÑOS MAS TARDE (RESISTENCIA A LA INTEMPERIE, AL AGUA, A LAS HELADAS Y DESECACION)

para los materiales arcillosos si se está en la búsqueda de características mecánicas excepcionales. Los aglomerantes a utilizar son los cementos, las cales, los asfaltos y eventualmente las resinas. Sin embargo no debe desecharse el empleo de aglomerantes locales. Es recomendable para el caso de los hidrófobos realizar un estudio previo de sus características.

Por último, existen numerosas incompatibilidades que impiden, para ciertas tierras arcillosas el empleo de estabilizantes que son eficaces para otras. He aquí porque no existe un estabilizante universal.

En la práctica y teniendo en cuenta lo anterior, la decisión para la estabilización debe aportar justificaciones objetivas que conduzcan a la elección del producto a utilizar y del proceso de aplicación. El producto debe ser eficaz, estar disponible e igualmente ser compatible con el suelo a tratar, el programa a realizar, las condiciones de la obra y los recursos materiales y de mano de obra de que se dispone. El proceso toma en cuenta, principalmente los siguientes factores:

— la naturaleza y la composición del suelo;
— las proporciones del suelo, del estabilizante y del agua;
— el método para el moldeado: vaciado, amasamiento, vibración, golpes y presión estática;
— condiciones físicas como, duración y temperatura de curado, tiempo de moldeado, etcétera.

Práctica de la estabilización

I. MEJORAS POR DENSIFICACION

Se observa, para todos los materiales, una relación muy clara entre la densidad y la resistencia mecánica. Esta aumenta en la medida en que el material se compacta. Es así, que para una misma composición y dosificación, un hormigón es más resistente cuando es más denso; así como las piedras más densas poseen las resistencias mecánicas más altas. Esto ocurre igualmente para las tierras; sin embargo, para estas últimas las densidades que se logren obtener siguen siendo relativamente bajas; la *(fig. 268)* representa cualitativamente la evolución de la resistencia en compresión ∂' en función del peso específico

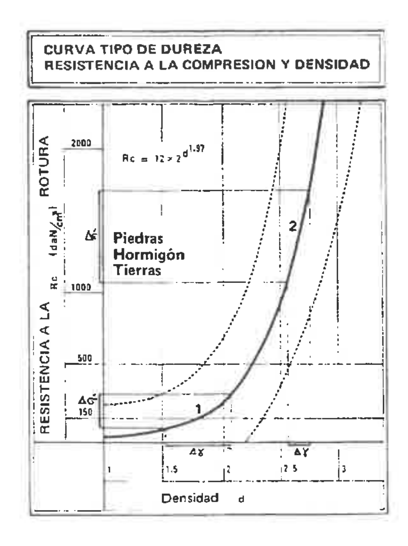


FIGURA 268

seco γd para estos tres materiales. El análisis de estas curvas muestra todo el interés que representa un crecimiento de γd, particularmente por los altos valores de densidad: por un aumento $\Delta\gamma$ del mismo valor, la ganancia de resistencia $\Delta\gamma$ es maś importante en (2) que en (1).

Las piedras duras y compactas poseen naturalmente una densidad cuya resistencia es suficiente, se podrá extraer directamene de ellas bloques para la construcción. Las tierras menos resistentes, que se desmenuzan, no permiten el corte de bloques que puedan ser utilizados posteriormente en la construcción (baja resistencia mecánica, sensibilidad a la acción del agua). Se extraen, entonces, por procesos mecánicos (palas) que las modifican y las fragmentan produciendo un material esponjado que no ofrece resistencia mecánica, siendo necesario posteriormente compactarlo.

Las piedras muy blandas (areniscas, limosas) pueden sin embargo ser modificadas, trituradas, posteriormente compactadas y eventualmente tratadas con un estabilizante; mientras que las tierras naturalmente resistentes (lateritas, arcillas compactas...), extraídas en forma de bloque y utilizadas directamente en la construcción no requieren de una resistencia superior a aquella de la tierra en el sitio (este es el caso de la nieve que sirve para la construcción de los igloos).

Lo anterior muestra la importancia del conocimiento de los materiales naturales disponibles locales (tierras y piedras), para la escogencia de un sistema constructivo. Para lo que se refiere a la construcción con tierra, se dispone generalmente de tierra modificada que deberá ser entonces compactada. La calidad del apisonamiento condiciona altamente las propiedades del material obtenido, ya sea que se utilice o no un producto estabilizante. La disposición al apisonamiento de una tierra se evalúa generalmente por medio de la prueba PROCTOR,

1) Los parámetros del apisonamiento

A. ENERGIA DEL APISONAMIENTO

Cualquiera que sea el tipo de tierra y el método de compresión, una alta energía de apisonamiento

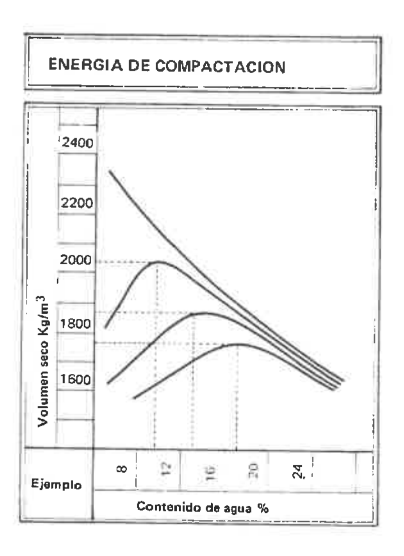


FIGURA 269

disminuye el Contenido de Agua Optimo y conduce a una mayor densidad seca, como lo muestran las curvas de compactación *(fig. 269)*.

Sin embargo, las altas energías de apisonamiento pueden producir fenómenos anexos perjudiciales para la calidad del material. Es así como en una prensa, las altas presiones producen generalmente una "pérdida" en la resistencia y duración de los bloques producidos.

B. GRANULOMETRIA DEL SUELO

Las granulometrías limitadas impiden alcanzar una alta compacidad: la curva de compresión se aplasta en un máximo poco acentuado *(fig. 270)*. Las granulometrías variadas (característica de materiales cuyos granos son de diferente tamaño), dan por el contrario curvas de compresión acentuadas: la compacidad obtenida es mejor. Una mezcla de elementos finos y gruesos debería entonces, permitir la obtención de productos más densos que aquellos obtenidos con suelos compuestos exclusivamente por elementos finos. Esto se constata, por ejemplo cuando se agregan gravillas a un mortero *(fig. 271)*.

Este fenómeno se evidencia particularmente al añadir gravillas comprendidas entre 30 y 50% del peso del mortero (curvas 1 y 2) *(fig. 271)*, sobre todo cuando la granulometría de la mezcla es discontinua (curva 2). Paralelamente, es necesario señalar que al agregar elementos gruesos (o su presencia natural en el suelo) provoca, por condiciones

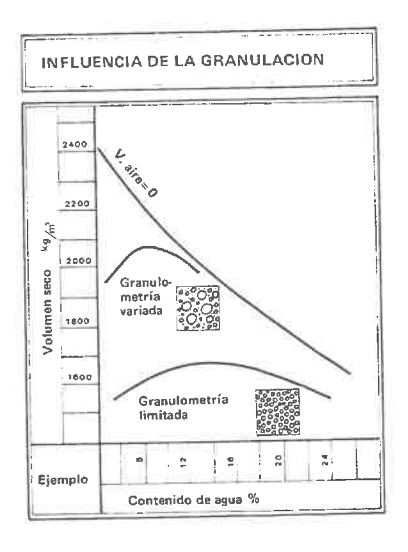


FIGURA 270

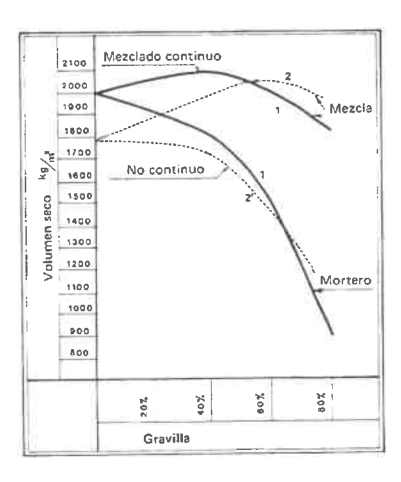


FIGURA 271: MEZCLA MORTERO GRAVILLA

análogas del apisonamiento, una baja de la compacidad del mortero, incluso en la mezcla (curvas 1' y 2'), porque en las tierras apisonadas el material fino es el principal factor de cohesión y de resistencia mecánica; buscar una alta compacidad de la mezcla en detrimento de la compacidad del mortero no es deseable. La figura 271 muestra una mezcla con contenido del 20 al 30% de elementos gruesos. Esta composición conduce a una ganancia apreciable de la mezcla compacta y garantiza al mismo tiempo una buena compacidad del mortero.

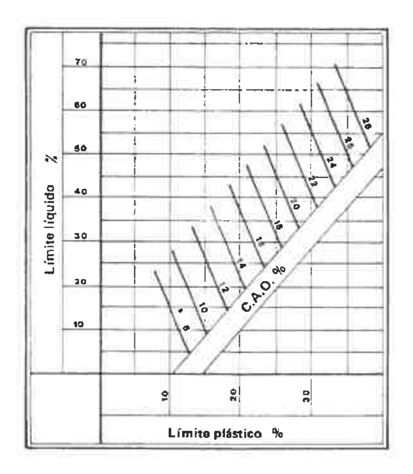


FIGURA 272: LIMITES DE ATTERBERG Y EL C.A.O.

C. LIMITES DE ATTERBERG

Existe una relación, por una parte, entre los límites de Atterberg y la densidad seca y el Contenido de Agua Optimo PROCTOR por otra parte. Los ábacos empíricos *(fig. 272 y 273)* presentan a manera indicativa estas relaciones. El C.A.O., generalmente inferior al límite plástico, aumenta con él y con el límite líquido; así como, el volumen seco disminuye.

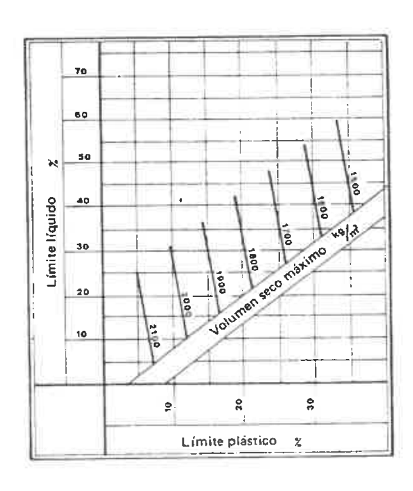


FIGURA 273: LIMITES DE ATTERBERG Y DENSIDAD

2. Los efectos del apisonamiento

El apisonamiento tiene por efecto principal un acercamiento de las partículas de la tierra que se traduce en:

— aumento del contacto entre los granos del suelo,
— disminución en la proporción de los vacíos, es decir de la porosidad del suelo.

La pequeñez de los granos en las arcillas y su alto contenido especí-

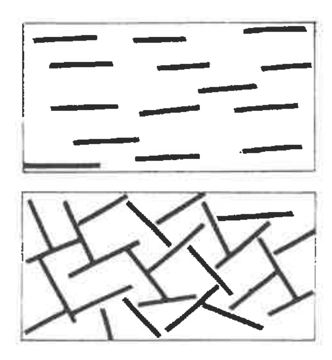


FIGURA 274:
ESTRUCTURA DISPERSA (ARRIBA)
ESTRUCTURA FLOCULAR (ABAJO)

fico les confiere un comportamiento particular: según la importancia relativa de las fuerzas de atracción y de rechazo, se observan dos tipos fundamentales de estructura:

— la estructura dispersa corresponde a la predominancia de las fuerzas de rechazo: las láminas de arcilla, mantenidas a distancia las unas de las otras tienden a ser paralelas entre ellas.

— la estructura flocular corresponde al predominio de las fuerzas de atracción: las láminas de arcilla se aproximan y forman entre ellas ángulos importantes *(fig. 274)*.

En estas condiciones los efectos del apisonamiento difieren considerablemente según la estructura: el estado flocular corresponde generalmente a bajos contenidos de agua, mientras que el estado disperso se caracteriza por los altos contenidos de la misma. La curva de apisonamiento se localizará a la derecha del

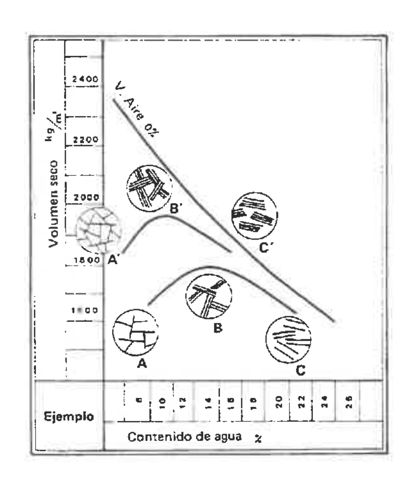


FIGURA 275: ESTRUCTURA

óptimo en el segundo caso y a la izquierda si se trata del primero *(fig. 275)*. En A las partículas se acercan y tienden a flocular; cuando el contenido de agua aumenta, ellas se dispersan y disponen en una forma más ordenada (B y C). El apisonamiento óptimo aparece, entonces, como un estado por el cual las fuerzas de atracción son suficientes para permitir una buena compacidad, al tiempo que las fuerzas de rechazo facilitan un ordenamiento de las partículas. En la práctica, si se está seguro de disponer de la energía de compactación prevista, es preferible apisonar a la izquierda del óptimo, (del lado seco).

Los efectos de un apisonamiento realizado en buenas condiciones, a largo plazo se traducen en una disminución de la permeabilidad, de la compresibilidad, de la absorción del

agua y del crecimiento de un ambiente húmedo por un aumento de la resistencia mecánica inicial (al desmolde). Algunas de estas mejoras son favorecidas por un apisonamiento en el "lado seco", y otras lo son en el "lado húmedo".

A. PERMEABILIDAD *(fig. 276)*

La permeabilidad es mínima en un contenido de agua óptimo en el apisonamiento y ella aumenta cuando se compacta en el "lado seco".

B. COMPRESIBILIDAD *(fig. 277)*

En la medida que la presión ejercida no sobrepase un cierto valor, un material de estructura flocular es menos compresible que un material de la misma naturaleza y la misma compacidad inicial de estructura dispersa (curva 2). Si la presión es suficiente para permitir el acercamiento de las partículas, los dos materiales tienden hacia el estado disperso y la compresibilidad es igual. Por la descompresión, el material crece *(curvas 1 y 2)*, produciéndose una disgregación si este crecimiento es muy alto (por ejemplo se observa esto en los bloques realizados en una prensa con altas presiones). Se aconseja, entonces, limitar la presión del moldeo a 40-60 daN/cm^2.

C. ABSORCION DE AGUA Y CRECIMIENTO EN AMBIENTE HUMEDO

La absorción de agua aumenta cuando el material compactado se encuentra en el estado flocular; ésta es menor cuando se encuentra en el estado disperso. Así también para el crecimiento producido por esta

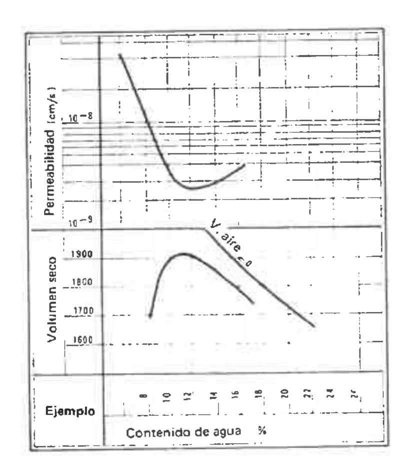


FIGURA 276: PERMEABILIDAD Y C.A.O.

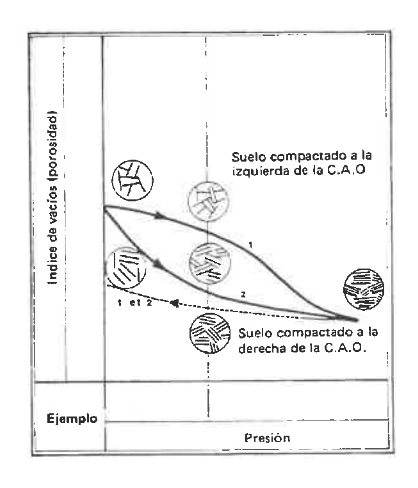


FIGURA 277: COMPRESION-DESCOMPRESION

absorción. Se puede decir entonces, que un material para un medio seco deberá ser compactado del "lado seco" preferiblemente, mientras que un material destinado a un medio húmedo deberá ser compactado con un contenido de agua más alto que el C.A.O. del "lado húmedo".

D. RESISTENCIA MECANICA INICIAL

La resistencia inicial, inmediata a la compactación, condiciona la rapidez del desmolde y la manipulación de los bloques; ella es, entonces, un parámetro importante especialmente en el apisonamiento realizado en el "lado seco".

E. RESISTENCIA MECANICA A LARGO PLAZO

Está directamente ligada con la densidad seca del material, obligando a apisonar en el C.A.O. o en un contenido de agua próximo a éste.

F. ALTA COMPACTACION

Cuando la tierra alcanza un estado cercano a la saturación, a pesar de la no comprensibilidad del agua, se podría pensar que hay un aumento en la compactación: en estas condiciones el apisonamiento no influye en el acercamiento de las partículas. Además en una prensa, una alta presión no mejora la compacidad y puede bloquear el mecanismo de la máquina.

3. Incidencia del modo de compactación

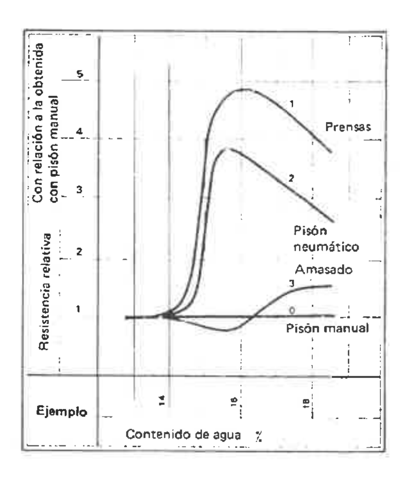


FIGURA 278: RESISTENCIAS PARA UNA DEFORMACION DEL 5% DE LA MUESTRA

El proceso de densificación influye altamente en la resistencia final del material; la (*fig. 278)* representa cualitativamente la incidencia del modo de compactación. En esta figura se llama resistencia del material a la presión de compresión que produce una deformación de la muestra igual al 5%. Los mejores resultados se obtienen por compactación en prensa o con pisones neumáticos, efectuados en el "lado húmedo". Las presiones pueden ser 3 o 5 veces más elevadas que las obtenidas con los tradicionales pisones manuales.

4. Conclusiones

La compactación esencial para el éxito de un método de estabilización, puede ser suficiente como sistema para un material. Sin em-

Comparación de las ventajas e inconvenientes por un apisonamiento realizado con un contenido de agua superior o inferior al C.A.O.

Propiedades	Observaciones		Evaluación		
	lado seco <CAO	lado húmedo >CAO	seco	CAO	húmedo
ESTRUCTURA acondicionamiento de las partículas	– estructura desordenada (flocular)	– estructura organizada (dispersa)	+	+	–
	– no crecimiento	– poco crecimiento	–	+	+
	– no absorción	– poca absorción	–	+	+
PERMEABILIDAD	– no hay – varía mucho con compacidad	– poca permeabilidad – varía poco con la compacidad	–	+	+
COMPRESIBILIDAD	– no es compresible a las altas presiones	– no es compresible a las bajas presiones	+	+	–
RESISTENCIA – inmediata al desmolde	– más alta	– menos alta	+	–	–
– final	– menos alta que para el CAO	– menos alta que para el CAO	–	+	–
DENSIDAD	– menos alta que para el CAO	– menos alta que para el CAO	–	+	–
MODO DE COMPACTACION	– la compactación con la prensa o con un pisón neumático ofrece mejores resistencias finales que el apisonamiento tipo Proctor con un pisón manual.				

bargo no debe olvidarse que los resultados y mejoras obtenidas con ella pueden anularse en un ambiente húmedo (inmersión).

II. MEJORAS POR CORRECCION DE GRANULOMETRIA

Los suelos al alcance algunas veces presentan características susceptibles de mejora ya sea por el aporte o por el recorte granulométrico; es así que, se puede corregir un bajo o alto contenido de elementos finos o de gravillas. Un suelo muy plástico, podrá así, ser mejorado con un incremento de arena, mientras que un suelo poco plástico lo será con el aporte de finos. (Ver las variaciones de plasticidad) –límites de Atterberg– mezcla de arena-arcilla por las diferentes proporciones de cada una de ellas *(fig. 256)*.

1. Combinación de suelos *(fig. 279)*

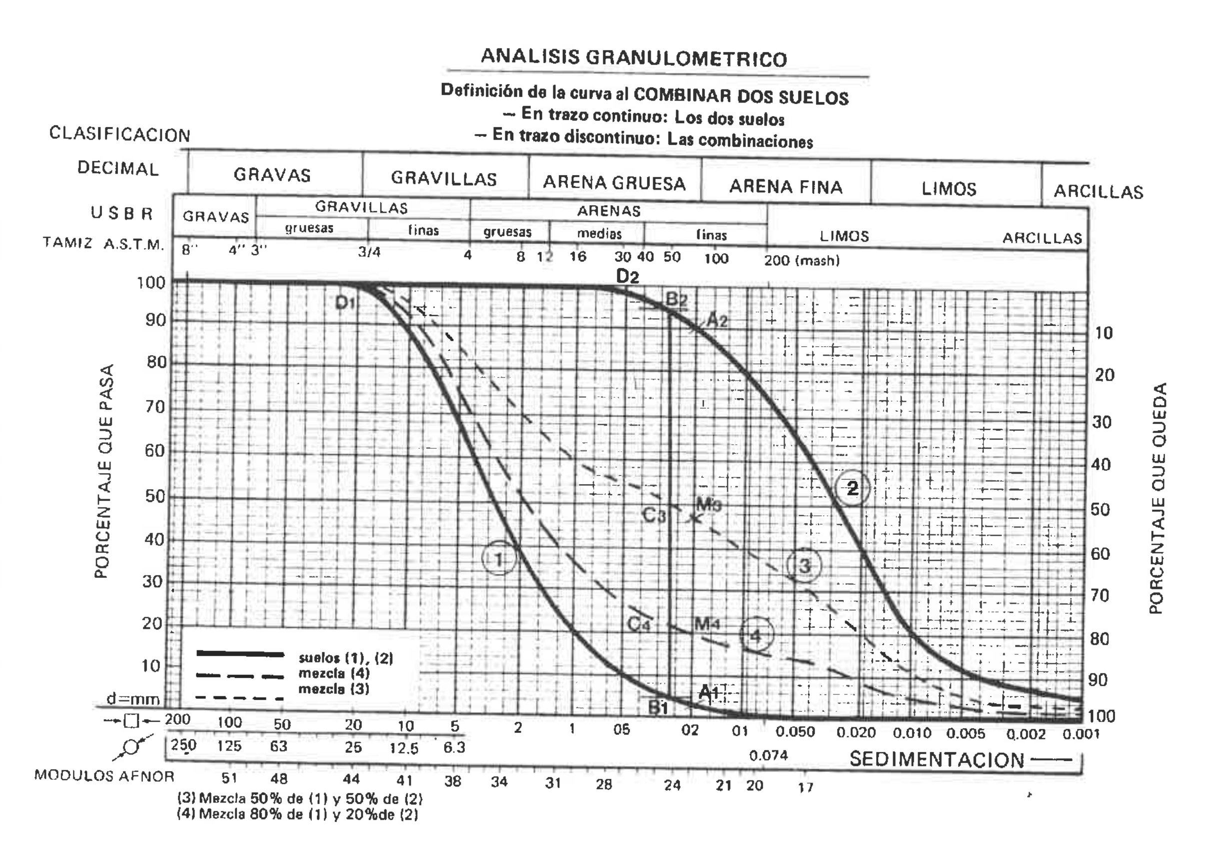


FIGURA 279: DETERMINACION DE LA CURVA PARA LA MEZCLA DE DOS SUELOS. EN TRAZO CONTINUO: LOS DOS SUELOS EN TRAZO DISCONTINUO: LAS MEZCLAS

Si se dispone de dos suelos (1) y (2), de granulometría d_1/D_1 y d_2/D_2 con D_1 superior a D_2 y d_1 superior a d_2 las mezclas de estos dos suelos tendrán una granulometría de d_2/D_1, y sus curvas granulométricas estarán comprendidas entre las curvas (1) y (2).

La curva de una mezcla compuesta de m% de (1) y de n % de (2) será:

$$\frac{MA2}{MA1} = \frac{m}{n}$$

Para un tamaño dado en granos, M se sitúa sobre la curva de mezcla, A2 sobre la curva (2) y A1 sobre la curva (1). Los valores de MA2 y MA1 se leen en porcentaje sobre las ordenadas.

Por ejemplo, para 0,2 mm y sobre la curva de mezcla (4) se lee en la gráfica:

$$\frac{M4A2}{M4A1} = \frac{70{,}4}{17{,}6} = \frac{m}{n} = \frac{80}{20}$$

Esto es así para los tamaños de granos comprendidos entre D^1 y d_2.

Una combinación (4) compuesta de 80% de suelo (1) y de 20% de suelo (2) contiene 19,6% de elementos inferiores a 0,2 mm. En efecto, 100 kg de esta combinación contienen 80 kg de suelo (1) o sea 0,02 x 80 = 1,6 kg de elementos inferiores a 0,2 mm y 20 kg de suelo (2) o sea 0,9 x 20 = 18 kg de elementos inferiores a 0,2 mm.

Nota: La línea recta que une el punto B 1 (al 5% de los que pasan, sobre la curva (1)) y el punto B2 (al 95% de los que pasan, sobre la curva (2)) corta la curva de la mezcla en el punto C cuya ordenada leída en porcentaje de los que pasan está próximo de n%: 22% en el caso de la mezcla (4) compuesta de 80% de suelo (1) y de 20% de suelo (2) – 50% para la mezcla (3).

2. Composición de una combinación con granulometría óptima

Para un uso específico, las curvas de los suelos que tengan una granulometría óptima están situadas dentro de esos límites. Cuando la curva de un suelo no se encuentra total o en parte, situada dentro de estos límites, es posible, por la mezcla con otro suelo rico en elementos faltantes al primero, obtener un producto satisfactorio. La *(fig. 280)* muestra algunos ejemplos de este proceso.

a) suelo con alto contenido de elementos gruesos *(fig. 280a)*

Para obtener del suelo (1) una granulometría aceptable se debe efectuar nuevamente el tamizado para disminuir el contenido de granos gruesos. Un tamizado a 10 mm, es entonces, suficiente para producir un suelo cuya curva granulométrica esté comprendida en las curvas límites (1). De esta manera se elimina un 14% de los elementos superiores a 10 mm. Un tamizado a 2 mm proporcionará un suelo más fino, pero contenido entre las curvas límites.

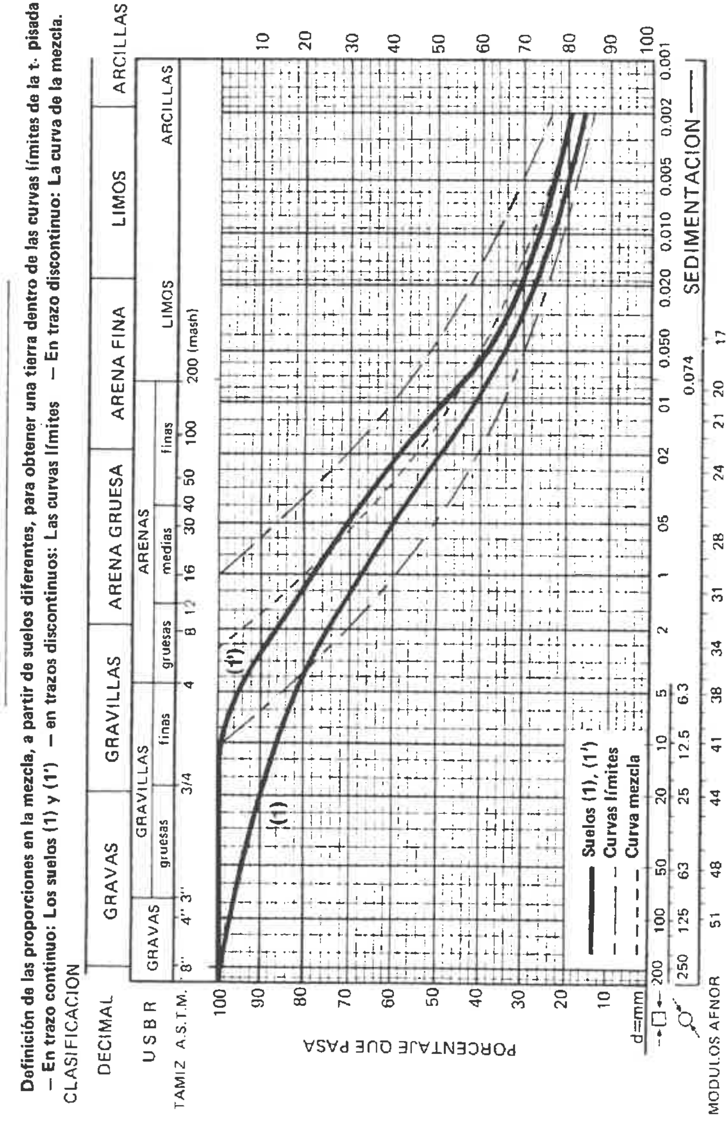
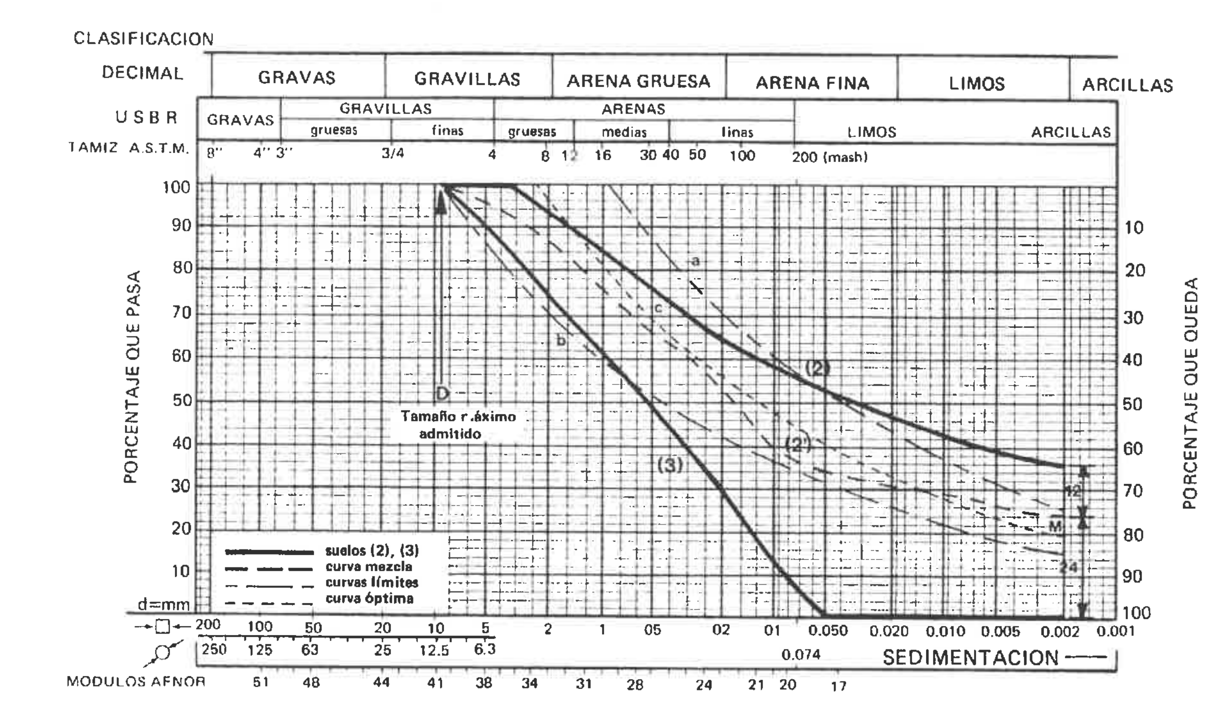


FIGURA 280a: DETERMINACION DE LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA, PARTIENDO DE SUELOS DIFERENTES, PARA OBTENER UNA TIERRA LOCALIZADA DENTRO DE LAS CURVAS LIMITES DE LA TAPIA PISADA
– EN TRAZO CONTINUO: LOS DOS SUELOS
– EN TRAZO DISCONTINUO FINO: LAS CURVAS LIMITE DE LA TAPIA PISADA Y LA CURVA IDEAL
– EN TRAZO DISCONTINUO GRUESO: LA CURVA DE LA MEZCLA



ANALISIS GRANULOMETRICO
CLASIFICACION
DECIMAL
GRAVAS
GRAVILLAS
ARENA GRUESA
ARENA FINA
LIMOS
ARCILLAS
USBR
GRAVAS
GRAVILLAS
gruesas
finas
ARENAS
gruesas
medias
finas
LIMOS
ARCILLAS
TAMIZ A.S.T.M.
8"
4" 3"
3/4
4
8
12
16
30 40
50
100
200 (mash)
PORCENTAJE QUE PASA
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
PORCENTAJE QUE QUEDA
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
d=mm
200
100
50
20
10
5
2
1
05
02
01
0.050
0.020
0.010
0.005
0.002
0.001
250
125
63
25
12.5
6.3
0.074
SEDIMENTACION
MODULOS AFNOR
51
48
44
41
38
34
31
28
24
21
20
17
Tamaño máximo admitido
D
a
b
c
(2)
(3)
M
12
24
suelos (2), (3)
curva mezcla
curvas límites
curva óptima

FIGURA 280 b

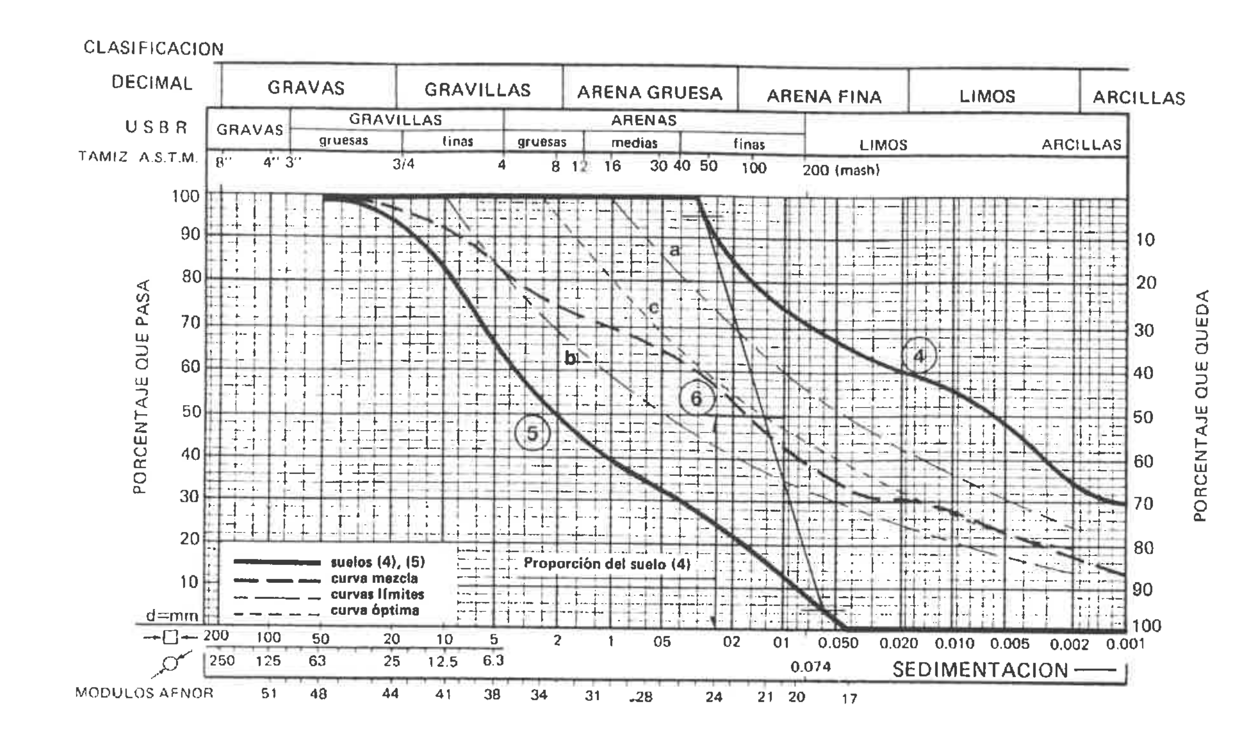

ANALISIS GRANULOMETRICO
CLASIFICACION
DECIMAL
GRAVAS
GRAVILLAS
ARENA GRUESA
ARENA FINA
LIMOS
ARCILLAS
U S B R
GRAVAS
GRAVILLAS
gruesas
finas
ARENAS
gruesas
medias
finas
LIMOS
ARCILLAS
TAMIZ A.S.T.M.
8" 4" 3" 3/4 4 8 12 16 30 40 50 100 200 (mash)
PORCENTAJE QUE PASA
100 90 80 70 60 50 40 30 20 10
PORCENTAJE QUE QUEDA
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
a
b
c
4
5
6
Proporción del suelo (4)
suelos (4), (5)
curva mezcla
curvas límites
curva óptima
d=mm
200 100 50 20 10 5 2 1 05 02 01 0.050 0.020 0.010 0.005 0.002 0.001
250 125 63 25 12.5 6.3
0.074
SEDIMENTACION
MODULOS AFNOR
51 48 44 41 38 34 31 28 24 21 20 17

FIGURA 280 c

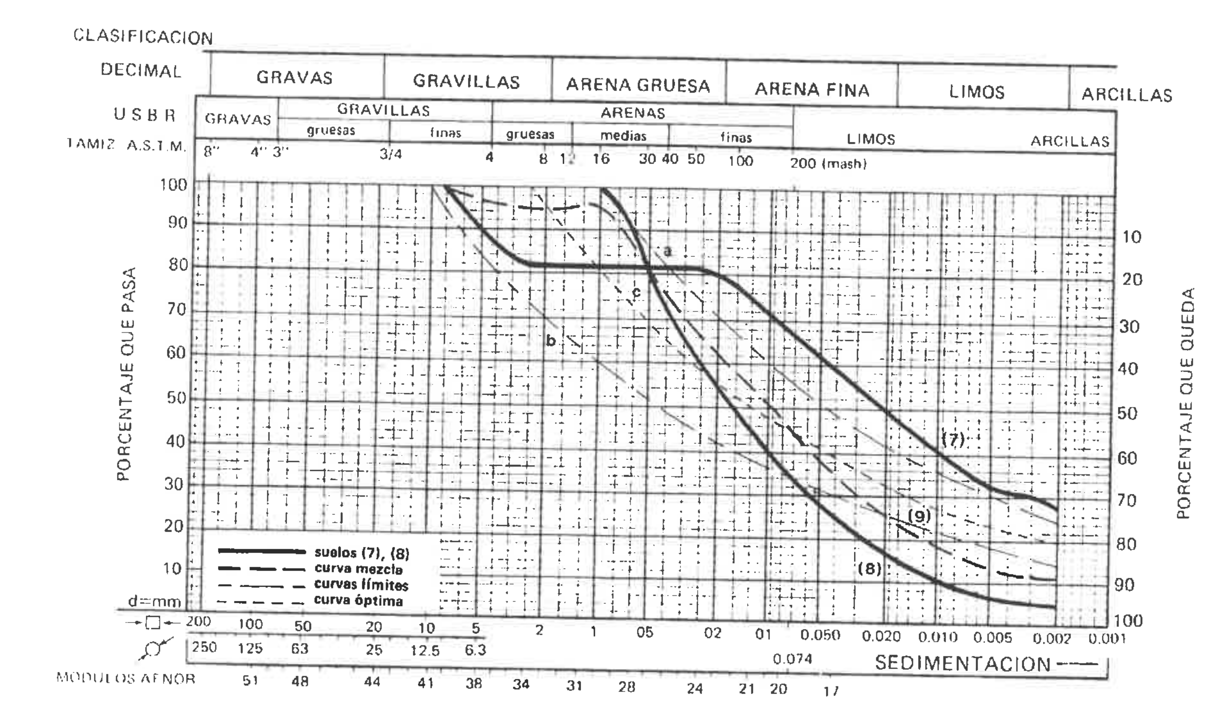

ANALISIS GRANULOMETRICO
CLASIFICACION
DECIMAL
GRAVAS
GRAVILLAS
ARENA GRUESA
ARENA FINA
LIMOS
ARCILLAS
U S B R
GRAVAS
GRAVILLAS
gruesas
finas
ARENAS
gruesas
medias
finas
LIMOS
ARCILLAS
TAMIZ A.S.T.M.
8" 4" 3" 3/4 4 8 12 16 30 40 50 100 200 (mash)
PORCENTAJE QUE PASA
PORCENTAJE QUE QUEDA
a
b
c
(7)
(8)
(9)
suelos (7), (8)
curva mezcla
curvas límites
curva óptima
d=mm
200 100 50 20 10 5 2 1 05 02 01 0.050 0.020 0.010 0.005 0.002 0.001
250 125 63 25 12.5 6.3
0.074
SEDIMENTACION
MODULOS AFNOR
51 48 44 41 38 34 31 28 24 21 20 17

FIGURA 280 d

b) suelo con alto contenido de elementos finos *(fig. 280b)*

Un suelo de estas características (2) puede ser mejorado al reducir los finos por lavado. Se trata de una técnica difícil de controlar por el riesgo de eliminar todos los finos. Es posible, entonces, lavar una parte del suelo y realizar una mezcla del suelo inicial con el lavado.

Este es un proceso cuya aplicación es delicada, por lo tanto recomendamos efectuar una mezcla del suelo inicial con un suelo con elementos gruesos, que no contenga finos ni elementos de tamaño superior al D máximo admitido. Se podrá, por ejemplo, corregir el suelo (2) al agregarle suelo (3). La curva de la mezcla comprendida entre las mezclas (2) y (3) se localizará dentro de los límites para los tamaños superiores a 0,5 mm, la elección de las proporciones de la mezcla para los tamaños más pequeños permitirá localizarlos dentro de los límites. Los límites específicos para el contenido de los elementos inferiores a 0,002 mm no debe ser mayor a un 24% (punto M), la curva de la mezcla deberá, entonces, cortar la ordenada 0,002 mm en M o más abajo. La curva (2) representa una combinación con un contenido del 24% inferior a 0,002 mm y compuesto de 24 partes del suelo (2) para 36–24=12 partes del suelo (3). Es aceptable el estar contenido entre los límites.

c) Suelos muy gruesos o muy finos, cuyas curvas se localizan fuera de los límites *(fig. 280c)*.

Para explicar este caso, siguiendo lo expuesto anteriormente (combinación de suelos), se traza al interior de los límites la curva óptima (c) y al determinar su intersección con la línea recta que une el punto – al 5% de los que pasan del suelo grueso– con el punto al 95% –de los que pasan del suelo fino–, la ordenada de este punto da el porcentaje del suelo fino a mezclar con el suelo grueso obteniendo así una mezcla cuya granulometría se aproxima a la óptima (curva 6). En este ejemplo, la mezcla es rica en gravillas, lo que se puede corregir también.

d) Suelo con granulometría no continua *(fig. 280d)*

La curva (7) representa un suelo que no contiene elementos comprendidos entre 2 mm y 0,2 mm. Es necesario, entonces, agregarle una arena rica en elementos de ese tamaño. La curva (9) representa una mezcla conformada por un 30% de suelo (7) y 70% de arena limosa (8). Es ligeramente pobre en arcilla y un aporte de 60% de arena limosa le habría proporcionado una mejora granulométrica.

Estabilización físico química

Tener una buena tierra, o "fabricarla" por correcciones granulométricas y efectuar un moldeado correcto (apisonamiento o moldea-

do húmedo) son los dos principios indispensables para la correcta realización de una obra con tierras modificadas. Proyectados y ejecutados correctamente, ellos aseguran la obtención de un material excelente. Además, la incorporación a la tierra de productos destinados a obtener mejoras en las propiedades del material y, también, a garantizar a largo plazo el mantenimiento de estas propiedades es conveniente y válido.

Comenzamos por los estabilizantes más utilizados: cementos, cales y asfaltos. Empleados desde la antigüedad, ellos permiten la realización de productos estabilizados que, en numerosos lugares del mundo hacen parte de los materiales de construcción clásicos. Es así como, en vías públicas su uso es universal y han sido objeto de estudios e investigaciones importantes. En lo que concierne al habitat, pocos estudios profundos han sido realizados, pero las experiencias de las realizaciones prácticas y el análisis de los resultados concernientes a las aplicaciones viales permiten desarrollar numerosas conclusiones. Debemos precisar, sin embargo, la complejidad de los fenómenos físico-químicos, en principio, y la variedad minerológica de las tierras —especialmente las arcillas—, que obligan a considerar algunas de estas conclusiones con reserva. La experiencia y los estudios nos aportan observaciones y sus resultados modifican o invalidan, los elementos de conocimiento anterior.

EL CEMENTO

El aporte del cemento, antes del apisonamiento, permite obtener un material con características mejoradas y reducida su sensibilidad a la acción del agua. Aditivos secundarios, añadidos al cemento pueden, por otra parte, acentuar ciertas propiedades. La mejora en las características mecánicas, por ejemplo, alta para las arenas y las gravillas (morteros y hormigones) es reducida para los suelos coherentes arcillo-limosos (suelo-cemento). El comportamiento de un suelo-cemento, es entonces bastante parecido al de un suelo de naturaleza similar, compactado en las mismas condiciones pero, por el contrario el cemento vuelve irreversible la ganancia de la resistencia debida al apisonamiento. Se puede admitir, entonces que la presencia del cemento crea, entre las partículas más gruesas de los suelos (arenas y limos) enlaces mecánicamente resistentes aún cuando el material se encuentre posteriormente en presencia de agua. El conserva así las características aportadas por el apisonamiento. Sin embargo un apisonamiento o una granulometría no correctos pueden volver totalmente ineficaz la adición del cemento. La estabilización en este caso habrá sido inútil con la consiguiente degradación del material.

LOS COMPONENTES

1. Los cementos

Los cementos ordinarios PORTLAND o análogos son en general aptos y utilizar los de alta resisten-

De conformidad con las nuevas normas, señalamos los siguientes cuatro tipos de cementos: CPA sin componentes secundarios (hasta 35%, incluye el antiguo CPH); CHH y CLK. El CMM desaparece.

En lo que concierne a la estabilización soñalamos en los nuevos cementos un aumento en el contenido de los elementos finos no activos (fillers) que pueden modificar el efecto estabilisante. Deben realizarse estudios que permitan determinar las modificaciones de las proporciones del cemento a agregar a a tierra, en estos casos.

CATEGORIA DE LOS CEMENTOS SEGUN SU COMPOSICION

ANTERIORES NORMAS		NUEVAS NORMAS		
CPA =	Clinker +yeso insolubles ⩽3%	**CPA =**	Clinker ⩾97% Filler ⩾ 3%	**mas yeso**
Cementos de componentes secundarios derogados CPAL, CPAC, CPAZ, CPALC, etc.				
Clase 400 15% ± 5% de **componentes** secos **Clase 325** 25% ± 5% de componentes secos		**CPJ**	**Clinker ⩾65%** Componentes secos ⩽35%	**más yeso**
CPF	escoria 30% ± 5			
CMM	escoria 50% ± 5			
CHF	escoria 70% ± 5	**CHF**	60 a 75% de escoria el resto = Clinker + Filler (⩽ 3%)	
CLK	escoria ⩾80%	**CLK**	escoria ⩾ 80% el resto = Clinker + Filler (⩽3%)	
K 80	CHH			

cia es contraindicado. Estos son más costosos y su empleo en la estabilización no representa mejoras especiales. Además, en su gran mayoría son altamente sensibles a la acción del aire dificultando su empleo, especialmente cuando se trata de pequeñas obras alejadas de los lugares donde se fabrica el cemento. Aconsejamos, entonces, por orden de preferencia el uso de cementos Portland de clase 250 o 325 (C. P. A. 250 – C.P.A. 350). Los C. P.A con componentes secundarios: escorai (C.P.A.L.), cenizas (C.P.A.C) y puzolanas (C.P.A.Z.) de clases análogas pueden igualmente ser utilizados, de todas formas, C.P. A.L. y C.P.A.C. se encuentran solamente en proximidades de minas de escoria (siderurgia) y de cenizas (centrales térmicas). Los cementos de alto contenido en componentes secundarios, delicados en el curado, serán rechazados (cemento Portland de hierro C.P.H.; cemento de altos hornos C.H.H.; cementos metalúr-

RESISTENCIAS

Clasificación	Subclasificación	Resistencia a la compresión (en MPa)		
		2 días	28 días	
		límite inferior nominal	límite inferior nominal	límite superior nominal
35	–	–	25,0	45,0
45	–	–	35,0	55,0
	R	15,0	35,0	55,0
55	–	–	45,0	65,0
	R	22,5	45,0	65,0
T.H.R.	–	30,0	55,0	–

VALORES MINIMOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (en MPa)

Clasificación	2 días	7 días	28 días
35	–	10.0	25,0
45	–	17,5	35,0
45 R	10,0	–	35,0
55	10,0	–	45.0
55R	15,0	–	45,0
T.H.R.	20,0	–	55.

gicos mixtos C.M.M.; cemento de escoria o Clinker C.L.K.).

De conformidad con las nuevas normas, señalamos los siguientes cuatro tipos de cementos: CPA sin componentes secundarios (hasta 35%, incluye el antiguo CPH); CHH y CLK. El CMM desaparece.

En lo que concierne a la estabilización señalamos en los nuevos cementos un aumento en el contenido de los elementos finos no activos (fillers) que pueden modificar el efecto estabilizante. Deben realizarse estudios que permitan determinar las modificaciones de las proporciones del cemento a agregar a la tierra, en estos casos.

2. La tierra *(fig. 281-282)*

La tierra debe poseer luego de la elaboración una buena cohesión, es decir que el contenido de arcilla sea suficiente: superior al 10%. Ella debe igualmente, contener un esqueleto mineral (arenas-gravillas) que asegure una acción eficiente del

cemento. Serán entonces, las gravillas y las arenas, los limos y las arcillas, quienes ofrecerán las mejores posibilidades y conducirán a producir los mejores materiales estabilizados. Por otra parte, ciertos componentes pueden tener una acción físico-química algunas veces perjudicial sobre la acción del cemento. Tales son, las materias orgánicas, los sulfatos, los óxidos e hidróxidos metálicos.

- **Materias orgánicas**

Ellas se encuentran naturalmente en la parte superficial de los suelos (capa vegetal), así como en los terrenos ricos en residuos vegetales (turba). Algunos autores consideran que, para una utilización sin estabilizante, la presencia en la tierra de un bajo contenido de materias orgánicas puede ser benéfico. Se refieren, por ejemplo, a ciertas reacciones con el hierro. En el caso de una estabilización con cemento su presencia se reconoce como nociva: retardan el proceso de fraguado y provocan una baja de la resistencia. Es cierto, por otra parte, que tanto como el contenido de materias orgánicas y la naturaleza de éstas condiciona su acción sobre el cemento y sobre el suelo-cemento. Algunas materias orgánicas no presentan efectos nocivos sobre el suelo cemento, y ciertos aditivos secundarios como el cloruro de calcio ($Cacl_2$) neutralizan estos efectos.

Como regla general, entre tanto no se adquieran mayores conocimientos, convendrá rechazar las tierras con contenido de materias orgánicas. Estimamos que un contenido mayor al uno por ciento constituye un riesgo, y que no se debe utilizar tierra con contenidos mayores al dos por ciento.

- **Sulfatos**

El sulfato con mayor frecuencia encontrado en los suelos naturales es el sulfato de calcio (anhidrita y yeso) y, en algunos lugares se asocia su presencia con el deterioro de las construcciones con tierra, así como, con los deslizamientos de terreno. El alto crecimiento del material ligado a la hidratación del sulfato de calcio y su solubilidad son los causantes. Debe, entonces, considerársele digno de una atención particular. En efecto, tiene una doble acción: al destruir el cemento endurece al interior del suelo-cemento, particularmente cuando éste se pone en contacto con el agua que contiene sulfato disuelto (agua seleniosa) aumentándose la sensibilidad a la humedad de las arcillas. Esta reacción, actualmente poco conocida, hace inútil el empleo de un cemento resistente a los sulfatos, y parece que las degradaciones del material estabilizado se producen aún en bajos contenidos de sulfatos. Es aconsejable un análisis específico para las tierras que contienen más de 2 a 3% de sulfatos.

- **Oxidos e hidróxidos metálicos**

Se refieren esencialmente a los óxidos de hierro y aluminio en que la presencia de estos no exceda al 5%. En las regiones de lateritas que poseen altos contenidos, se ha podido constatar una estabilización efi-

caz y rápida con poco cemento. Pudiendo tratarse de una reacción tipo puzolana entre la laterita y la cal contenida en el cemento. Se ha constatado, por otra parte, en el caso de suelos con alto contenido de óxido de aluminio, un rápido crecimiento seguido de una ligera baja de la resistencia en el tiempo. Esta baja en la resistencia es poca, pudiendo deberse a alguna otra causa: un error en el curado, por ejemplo. La presencia de estos elementos en la tierra no ofrece mayores efectos; eventualmente ellos pueden ser favorables.

- **El agua**

La naturaleza del agua de mezclado no ha sido objeto de especificaciones precisas. Se rechazarán en principio las aguas con materias orgánicas y las saladas, ya que estas últimas provocarían eflorescencias estéticamente inaceptables. Las aguas ricas en sulfatos pueden también ser desfavorables: ver lo que se ha dicho, a propósito de la presencia de sulfatos en las tierras.

Efectos del aporte del cemento en la aplicación de la tierra estabilizada

El cemento agregado a la tierra modifica la granulometría de la misma lo que se expresa por un desplazamiento de las curvas de apisonamiento. El óptimo PROCTOR de la mezcla tierra-cemento es, entonces, diferente a aquel de la tierra. Los cementos contienen alrededor de 80% de los elementos inferiores a 80 micrones; según la cantidad del cemento añadido y la granulometría de la tierra, el aporte de cemento puede traducirse en una disminución de la densidad seca, acompañada por un incremento del C.A.O. o por un aumento de la densidad seca sin una variación sensible del C.A.O. *(fig. 283)*. Se observa en un primer análisis que la disminución de la densidad seca se produce esencialmente en las tierras que se compactan bien, mientras que el aumento en la densidad seca se observa en las tierras con poca compactación (granulometría no variada, por ejemplo). Estos diferentes comportamientos pueden ser observados, si se procede a realizar pruebas preliminares de apisonamiento.

Efectos sobre el material estabilizado

a) Resistencia a la compresión *(fig. 284)*

Las mejoras en la resistencia a la compresión pueden, dependiendo del suelo tratado, evolucionar de manera diferente según el contenido de cemento. El aumento en la resistencia puede ser rápido en bajos contenidos para disminuír posteriormente (curva 1). Puede ser proporcional al contenido de cemento (curva 2). Y puede ser que para bajos contenidos de cemento se presente disminución de la resistencia (curva 3). Estas variaciones se observan sobre muestras de la misma edad. El aporte de 7 a 8% de cemento produce, cualquiera que sea el caso, una mejora sensible en la resistencia a la compresión.

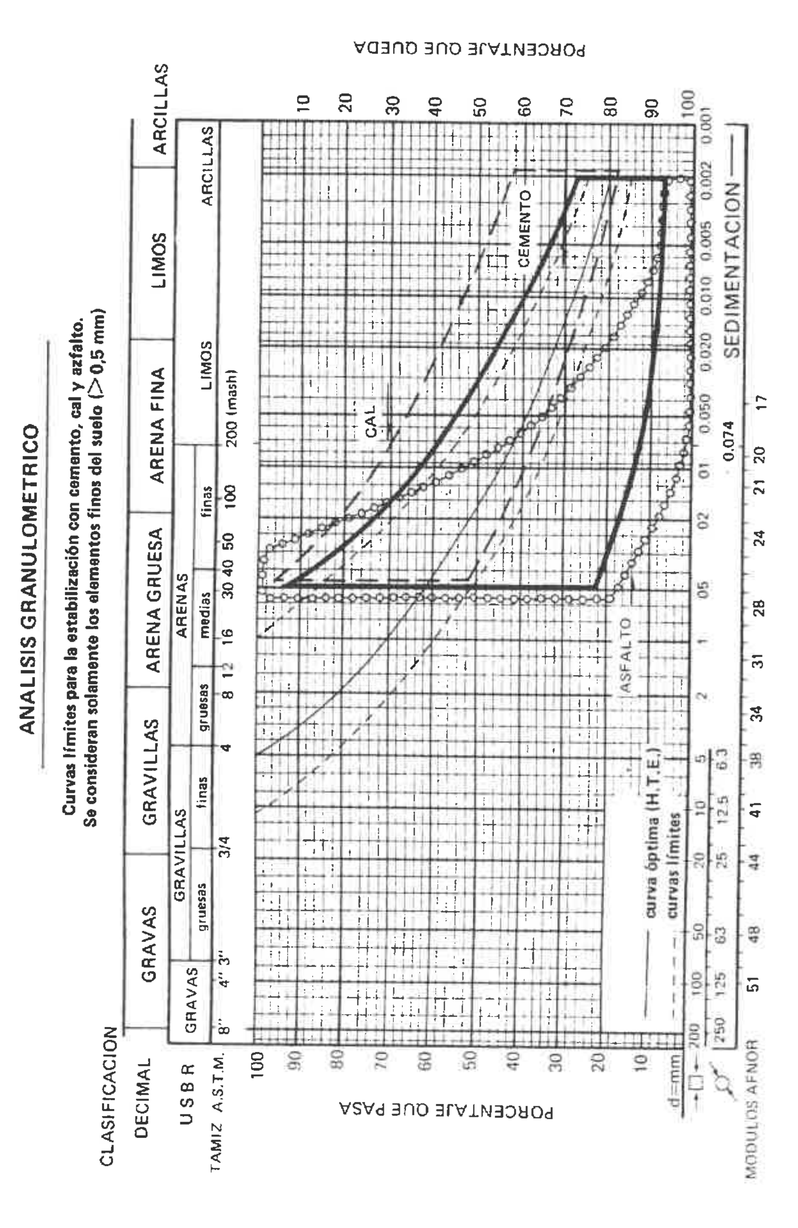


FIGURA 281: CURVAS PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO, CAL Y ASFALTO'

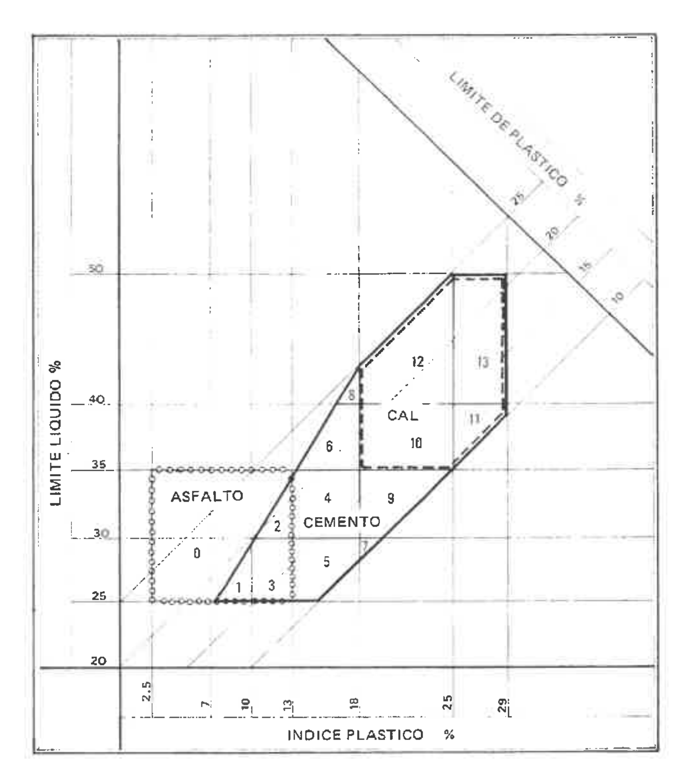


FIGURA 282: ESTABILIZANTES Y LIMITES DE ATTERBERG

b) Disminución de la resistencia en presencia del agua

El efecto principal de la estabilización con cemento es una neutralización a la acción del agua. Se habrá, entonces, realizado una buena estabilización si se obtiene un material cuya disminución de la resistencia mecánica permanezca en los límites luego de la inmersión.

Un tratamiento con cemento bien realizado ofrece resultados satisfactorios. Es así, que la compresión, sobre una tierra cuya índice de plasticidad equivalía a 15 y que posteriormente a la inmersión la resistencia (Gh) era prácticamente nula, se pudo obtener con el 2% de cemento una resistencia, posterior a la inmersión, igual a un octavo de la resistencia en seco (Gs).

Para un 5% de cemento la resistencia luego de la inmersión era igual a un cuarto de la resistencia en seco.

La sensibilidad al agua del material tratado aumenta con el índice plás-

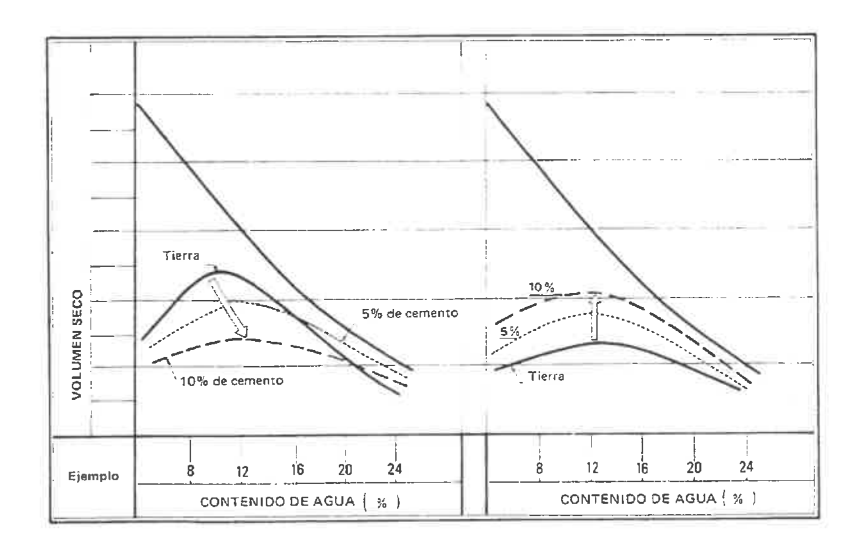


FIGURA 283: INFLUENCIA DEL CEMENTO SOBRE EL VOLUMEN SECO

tico de la tierra, mientras que un mejor apisonamiento y un crecimiento del contenido de cemento la redujeron *(fig. 285)*. Será, entonces, preferible utilizar una buena tierra añadiendo una mediana cantidad de cemento, antes que esperar a obtener buenos resultados añadiendo altas proporciones de cemento para mejorar una tierra de mala calidad.

c) Variaciones proporcionales en presencia de agua

La estabilización con cemento disminuye la importancia de la contracción en el secado y del crecimiento con la humedad. Es así que, con 5% de cemento, la contracción lineal total puede, según la tierra, permanecer inferior al uno por ciento, lo que reduce los riesgos por fisuras *(fig. 286)*. Un contenido de cemento superior no aporta, en general, una disminución suplementaria a la contracción. Asímismo, las tierras estabilizadas con cemento adquieren una buena resistencia a la acción de la alternancia cíclica del contenido de agua (secado-humedad) y a los ciclos de helada-deshielo.

d) Erosión

La estabilización con cemento mejora la resistencia de las tierras a la erosión, producida por la acción de la lluvia. La erosión no está directamente ligada a la resistencia mecánica; en la compresión especialmente: un bloque de tierra resistente al rompimiento puede desagregarse rápidamente o a la inversa. Se verifica sistemáticamente que un

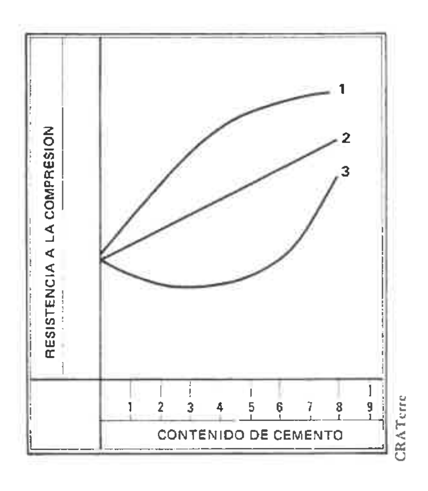


FIGURA 284: RESISTENCIA A LA COMPRESION Y CONTENIDO DE CEMENTO PARA TRES SUELOS

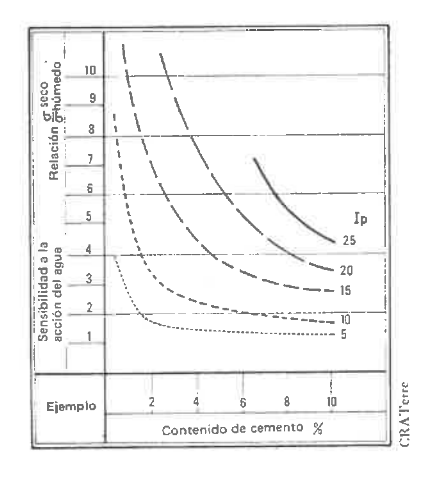


FIGURA 285: SENSIBILIDAD AL AGUA SEGUN EL CONTENIDO DE CEMENTO Y EL Ip PARA EL MISMO APISONAMIENTO

Contracción lineal (%)
Ejemplo
5 10 15 20
Contenido de cemento (%)
CRATerre

FIGURA 286: VARIACIONES DE LA CONTRACCION SEGUN EL CONTENIDO DE CEMENTO

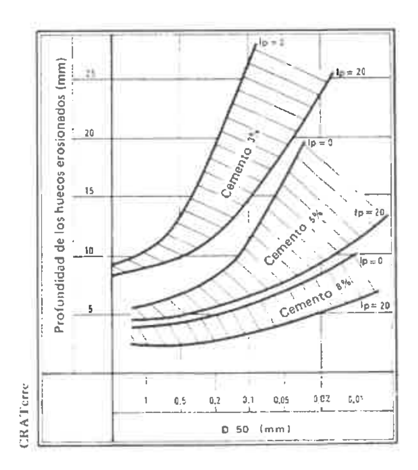


FIGURA 287: RESISTENCIA A LA LLUVIA Y PROMEDIO DEL DIAMETRO DE LOS GRANOS PARA DIFERENTES CONTENIDOS DE CEMENTO

elemento en tierra estabilizada o no, resiste más a la lluvia cuando contiene granos más gruesos. Se evidencia, entonces, una buena correlación entre el comportamiento de la tierra bajo la acción de la lluvia y el D50 (diámetro en mm como el peso de los granos inferiores a este diámetro representan 50% del peso total de la tierra). La granulometría es, entonces, el factor esencial de la estabilización frente a la lluvia. La *(figura 287)* representa la relación, para diferentes contenidos de cemento relacionados con la resistencia a la lluvia y el D 50. Ella ha sido presentada por J. M. GRESILLON en una publicación de los anales del ITBTP en mayo de 1976 (No. 339). Este documento presenta de manera exhaustiva el efecto de los principales parámetros de la estabilización con cemento (y con cal).

Condiciones de la aplicación para la estabilización con cemento

a) Pulverización

Se obtendrá una estabilización satisfactoria al efectuar una buena mezcla de los componentes. Los elementos finos arcillosos deben estar disociados y no aglomerados en terrones o nódulos, y en este caso, el tamaño de aquellos no debe ser mayor de 20 mm. La presencia de un 50% de nódulos de un tamaño superior a 5 mm reduce a la mitad la resistencia a la compresión. Un suelo bien pulverizado, estabilizado al 8% con cemento tendrá una resistencia a la compresión en seco de 25 daN/cm^2 (en 7 días); para obtener la misma resistencia con el mismo suelo, pero conteniendo después del mezclado 30% de nódulos superiores a 5 mm, deberá utilizarse 15% de cemento como mínimo.

b) Mezclado

Una buena repartición del cemento y uniformidad del producto la proporciona el mezclado. Un suelo seco reúne las mejores condiciones para el mezclado. Se requiere de un secado previo del suelo —sobre todo en las regiones húmedas— dando un énfasis especial a la disociación de los elementos finos. El agua necesaria para el moldeo se añadirá al finalizar la mezcla. En la obra, el mezclado es sistemáticamente menos bueno que el realizado en el laboratorio, particularmente cuando se trata de un mezclado manual. Entonces, se deberá aumentar la dosificación del cemento.

c) Moldeado

El mejor procedimiento para los suelos estabilizados con cemento es la compactación estática en prensa o el apisonado (tapia pisada). Las mejoras así obtenidas, por la estabilización, son mejores que las obtenidas en los bloques amasados (adobe).

Inmediatamente preparada la mezcla, el material se compacta (antes que se inicie el fraguado del cemento), con un contenido de agua cercano al óptimo, una diferencia mayor o menor al 4% produce deficiencia en la calidad. Como regla general serán compactados del lado húmedo (a la derecha del

C.A.O.) los suelos ricos en arcilla, mientras que los ricos en arenas lo serán del lado seco.

d) Fraguado (secado)

Como para el hormigón, la resistencia de un suelo-cemento aumenta con el tiempo. Aunque todos los suelos no tienen un comportamiento idéntico, un período de fraguado de 14 días es indispensable, siendo conveniente esperar los 28 días. Se mantendrá el material en un ambiente húmedo durante este período, protegido del sol y del viento. Esto con el objeto de evitar un secado rápido en la superficie que conduce a la formación de fisuras cuando el producto se encuentra fresco y poco resistente.

Los aditivos

Agregados al suelo-cemento una cierta cantidad de estos productos, luego del mezclado mejora algunas de las propiedades. Algunos productos orgánicos (acetato de amina, melamina, anilina) o minerales (cloruro de hierro) reducen la sensibilidad al agua en algunos suelos.

La cal puede, por otra parte, ser utilizada para reducir la influencia negativa de las materias orgánicas, este es también el caso del cloruro de calcio, que además, acelera el fraguado del cemento. La cal, además, puede modificar la plasticidad de la tierra y limitar la formación de nódulos.

Los aditivos sódicos (Na OH: Na SO_4; Na Co_3; Na_2 Sio_2) pueden producir con las partículas del suelo reacciones de cementación complementarias a las del cemento.

Los asfaltos, en emulsión o en "cut-back", en poca cantidad impermeabilizan el suelo-cemento.

LA CAL

La estabilización con la cal consiste en incorporar cal viva o hidratada (cal apagada) al suelo. La cal actúa sobre las partículas arcillosas contenidas en el suelo. En un primer momento, el aporte de cal modifica los enlaces entre las partículas: La arcilla adquiere una estructura flocular, mientras que los iones de calcio introducidos por la cal conforman puentes entre las partículas. Posteriormente la reacción arcilla-cal permite la formación de elementos cristalinos nuevos que intervienen en la cementación de los granos del suelo. Se requiere de un período de almacenamiento ya que este fenómeno se aprecia días más tarde (quince días en el mejor de los casos).

I — DIFERENTES TIPOS DE CALES

a) Cales aéreas

Se producen por la cocción de calizas puras (piedras de cal), ellas constituyen las principales cales utilizadas en la estabilización.

— **La cal viva:** (CA O). Directamente producida por la cocción de la piedra de cal, su empleo está limitado por las condiciones de almacenamiento y de manipulación: es un

material ávido de agua y abrasivo, que debe ser manipulado con precaución y protegido de la humedad hasta su empleo. La cal viva en contacto con el agua se calienta produciendo temperaturas que pueden alcanzar los 150°C. Presenta algunas ventajas sobre la cal apagada: en los suelos húmedos, absorbe el agua necesaria para su hidratación. Es más eficaz, pues ella aporta mayor cantidad de iones de calcio por el mismo peso.

– **La cal apagada:** $(CaOH)_2$. Se obtiene por la hidratación de la cal viva. Ella es frecuentemente utilizada en la estabilización y no presenta los inconvenientes propios a la cal viva. Producida en fábrica, responde, en general, a las especificaciones precisas que garantizan el suministro de un producto de características definidas.

b) Cales hidráulicas naturales XHN y artificiales XHA

Se parecen a los cementos y se obtienen por la cocción de calizas con alto contenido de impurezas arcillosas. Puede ser utilizada, en caso de necesidad, particularmente si no se dispone de cemento o de cales aéreas.

c) "Cal" agrícola

Algunas veces se designa con este nombre, el carbonato de calcio utilizado en el abono agrícola. No posee efectos estabilizantes.

II – LA TIERRA

La cal actúa sobre la parte arcillosa de los suelos, por lo tanto los suelos que las contienen son los que se deben utilizar. Se recomiendan los suelos de las zonas plásticas 4 a 9 y especialmente 10 a 13 *(fig. 282)*. Así mismo, las tierras deberán garantizar la obtención de una buena compacidad. Los resultados varían considerablemente según la naturaleza de los minerales arcillosos presentes en el suelo (caolinita, ilita, montmorilonita).

CALES AEREAS COMERCIALES

CAL GRASA VIVA EN ROCA

Disponible al mayor y al detal en forma de bloques que se deben romper antes de su empleo.

CAL GRASA VIVA MOLIDA

De 0 a 2 mm. Ella es impura para un empleo generalizado.

CAL GRASA VIVA MOLIDA-AIREADA

Contiene 50% de elementos inferiores a 80 micrones y 90% de elementos inferiores a 200 micrones. Disponible al mayor y al detal para su uso inmediato.

CAL GRASA APAGADA - AIREADA

(Flor de cal o cal hidratada)
Disponible en diferentes granulometrías entre 90 y 99% de Ca(OH)2 según la calidad.

Aunque la presencia en el suelo de materias orgánicas reduce los efectos de la estabilización, es posible, al aumentar la proporción de cal obtener resultados satisfactorios en suelos hasta con contenidos del 20% en materias orgánicas. Este es el procedimiento de estabilización que se adapta mejor a las tierras modificadas, especialmente cuando contienen materias orgánicas.

III – EFECTOS DE LA ESTABILIZACION CON CAL

Algunos porcentajes de cal, añadidos a un suelo arcilloso desencadenan rápidas modificaciones en las propiedades de la tierra. Ella se torna menos plástica. Las curvas de compactación PROCTOR varían hacia una menor sensibilidad a la acción del agua. La resistencia a la compresión sobre todo en los suelos ricos en caolinita, sufre un aumento a mediano y a largo plazo. Para mayores detalles consultar los artículos de A. Le Roux publicados en los números 40 y 61 del "Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussèes". Los resultados obtenidos para los contenidos comprendidos entre 3 y 8% son satisfactorios. Las tierras con altos contenidos en arcilla, estabilizadas con cal y con alguna proporción de materia orgánica, pueden en estas condiciones obtener resistencias análogas a aquellas de la estabilización con cemento.

IV – CONDICIONES PARA LA APLICACION

a) Mezclado

Deberá ser particularmente cuidadoso, como con el cemento; para obtener una mezcla integral de la cal y la tierra. Cuando se trata de tierras muy plásticas se puede ejecutar, en dos etapas separadas por uno o dos días con el objeto de dejar a la cal el tiempo para ablandar los terrores. La cal provoca, entonces, un crecimiento durante el moldeado de la tierra que algunas veces puede ser en detrimento de la resistencia.

b) Compactación

Se realizará a continuación de la mezcla para los bajos contenidos de cal (2%) y luego de algunas horas (2 a 6 h) para los contenidos altos. Se realizará con un contenido de agua próximo al óptimo (del lado húmedo).

c) Fraguado

La resistencia a la compresión aumenta con el tiempo, debido a la formación de minerales nuevos por reacción de la cal y la arcilla. Este fenómeno se prolonga varias semanas, evolucionando favorablemente en un ambiente cálido y húmedo *(fig. 288)*.

V – ADITIVOS

De la misma manera que con el cemento, se pueden utilizar algunos aditivos como el sódico, destinados a mejorar los efectos de la estabilización.

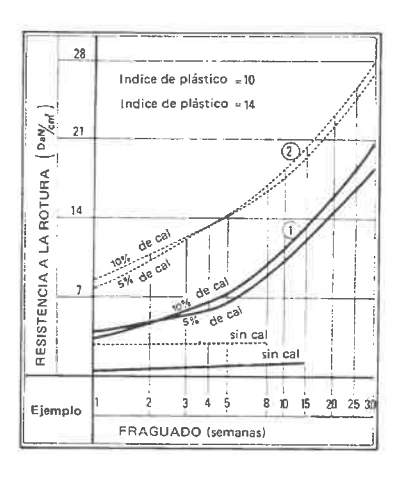


FIGURA 288: TIEMPO DE CURADO Y RESISTENCIA

EL ASFALTO

Terminología*

Generalmente asociado con el concepto de pavimento, el asfalto no se debe confundir con el betún industrial, el alquitrán, el macadam y otros. El término "asfalto" tiene su origen en el idioma sánscrito donde se encuentra con las palabras "jatu" (poix) y "jatu krit" (generador de poix) por analogía con las resinas obtenidas de las maderas resinosas. El equivalente en latín parece ser "pix-tumens", antiguamente "poix exsudante" procedente de las capas terrestres y más tarde "bitumen" forma bajo la cual se le conoce hoy en día en el vocabulario francés con el nombre de "bitume". Antiguamente, se entendía que el asfalto era un material natural compuesto de una "mezcla de hidrocarburos con peso molecular elevado soluble en sulfuro de carbono, y compuesto de minerales en diferentes proporciones".

* Según la revista del Sindicato Profesional de Productores de Asfalto. Junio de 1972.

El término asfalto, en sí mismo, proviene del términos "asphaltu" dado por el adjetivo griego "asphales" (durable) y designa "una roca sedimentaria en terrenos calizos, con contenido de asfalto en una proporción de 8 a 10%".

Actualmente, bajo el nombre de asfalto se designa un producto compuesto de, al menos 40% de hidrocarburos pesados y de *filler* (polvo mineral). El término asfalto se aplica a los productos que contienen menos de 20% de hidrocarburos, y el resto de arenas, filler o gravillas.

Algún malentendido puede nacer de la traducción del término americano "asphalt": en los Estados Unidos, se llama "asphalt" lo que se llama en Francia "bitume". El término americano "bitumen" corresponde en primera instancia a la noción de ligante negro que se puede aplicar tanto al asfalto por destilación como al alquitrán de hulla.

Para su uso, el asfalto debe ser calentado, o mezclado con disolventes (asfaltos fluidificados o cut-backs) o disperso en agua (emulsión). Es bajo estas dos últimas formas que el asfalto se utiliza en la estabilización.

Principio de la estabilización con asfalto

El asfalto actúa sobre las partículas más finas (arcillas y limos) únicos elementos inestables en presencia de agua. La estabilización de la parte arcillosa es suficiente para estabilizar el conjunto de la tierra. El asfalto fluidificado o en emulsión se presenta en forma de glóbulos microscópicos en suspensión en un disolvente o en agua. En un primer momento, este líquido estabilizante se mezcla con el suelo; después, cuando el disolvente se evapora, los glóbulos de asfalto se estiran formando películas muy finas adhiriendo en forma de un revestimiento sólido a la superficie de las partículas del suelo que las envuelven. El revestimiento es tan fino que el suelo es apenas coloreado. Una vez seco este último tiene prácticamente las mismas características mecánicas que el suelo no tratado. Las partículas de arcilla no absorben más agua (no pierden su cohesión). El suelo es, entonces, más resistente al agua, el asfalto, además, aporta una cohesión suplementaria a los suelos naturalmente poco coherentes y mejora sus resistencia mecánica. En este caso cumple la función de ligante.

Los asfaltos fluidificados o Cut-Backs

Estos son los asfaltos fluidificados por mezcla con disolventes volátiles, (gasolina, querosene, nafta). Según la naturaleza y las proporciones de estos disolventes, los cut-backs serán más o menos fluidos o más o menos inflamables. La rapidez de evaporación de los disolventes depende de su naturaleza, de las condiciones climatológicas y de la naturaleza del suelo con el cual serán mezclados. Se distinguen tres tipos de cut-backs: de secado lento, semirápido y rápido.

Los productos tensio-activos son aditivos que contribuyen a mejorar la adherencia. En el cuadro, a continuación, aparecen los principales cut-backs.

Los índices 0 a 3 definen la viscocidad.

0 = muy fluido
1 = fluido
2 = semi-viscoso
3 = viscoso

El punto de inflamación es la temperatura mínima a la cual es necesario llevar el asfalto para que los vapores combustan en presencia de una llama en condiciones normales. Esto da una idea del riesgo por incendio. El bombeo se expresa por la temperatura mínima necesaria para bombear el cut-back.

NOTA: El RC 250 (Rapid curing road oil) ha sido utilizado en el adobe por el "Instituto Internacional de Tecnología para la Vivienda" (IIHT), Universidad de Fresno, California, con resultados satisfactorios, en una serie de ensayos.

Las emulsiones

Las partículas de asfalto se dispersan en el agua (o inversamente el

CUT- BACKS (Clasificación europea)						ASTM (Clasificación americana)
	Tipo	Punto de inflamación °C	Bombeo	Disolvente	% Disolvente	Tipo
De secado lento	SC 0 SC 1 SC 2 SC 3	38 66 79 93	20 45 60 75	gasoil	50 - 55 39 - 45 30 - 37 25 - 30	SC 70 SC 250
De secado Semi-rápido	MC 0 MC 1 MC 2 MC 3	38 38 65 65	20 45 60 78	querosene	35 - 39 28 - 32 23 - 27 18 - 21	MC 70 SC 250
De secado rápido	RC 0 RC 1 RC 2 RC 3	0 0 27 27	20 45 60 78	Nafta	35 - 78 27 - 30 22 - 66 17 - 21	RC 70 RC 250

agua se dispersa en el asfalto) con la ayuda de un emulsivo. Las emulsiones contienen, en general 55 a 65% de asfalto y del uno al dos por ciento de emulsivo. Este último favorece la emulsificación y mantiene el asfalto en suspensión en el agua. La separación posterior del agua y del asfalto se llama rotura. Existen dos clases de emulsión:

– *aniónicas:* son raras y no convienen a todos los granulados.
– *catiónicas:* son más conocidas y compatibles con casi todos los suelos.

Las emulsiones son en general bastante fluidas y se las puede mezclar fácilmente con un suelo ya húmedo. La rapidez de rotura de las emulsiones depende especialmente de la naturaleza y de la calidad del emulsivo. Se distinguen tres tipos de roturas: lenta, semi-rápida y rápida. Una rotura lenta permite actuar sobre los elementos más finos. La adherencia a los granulados depende del emulsivo y de los agentes tensio-activos, eventualmente incorporados. Las emulsiones son bastante menos estables que los cut-backs: puede haber segregación entre el agua y el asfalto (almacenamiento muy largo, heladas, vibraciones relacionadas con el transporte). Se requiere añadir estabilizantes cuando se trata de largo tiempo en el transporte sobre vías en mal estado. El cuadro siguiente presenta las emulsiones según la clasificación americana (ASTM). En Francia se caracterizan por el porcentaje en peso del ligante que ellas contienen y por su viscosidad.

Emulsiones: clasifación ASTM		
Rotura	**Emulsión**	**Observaciones**
Lenta	CSS 1 CSS 1 h	Fluído Viscosa
Semi-rápida	CMS 2 CMS 2 n	Fluido Viscosa
Rápida	CRS 1 CRS 2	Fluído Viscosa

Nota: El asfalto en emulsión es utilizado, generalmente, en los Estados Unidos por los productores industriales de adobe.

Dosificación de asfalto

La dosificación depende de la superficie específica del material, de la naturaleza y de la calidad de los granos que la constituyen, ya que la estabilización con asfalto trata de recubrir los granos con una película impermeable. Para las obras viales se utilizan fórmulas que permiten calcular la cantidad óptima del asfalto en función de la granulometría. Estas cantidades son generalmente importantes (5 a 20%) puesto que además de la estabilización el asfalto interviene como ligante. Según nuestro concepto no se pueden aplicar estas fórmulas a los problemas específicos relativos a la construcción de edificaciones. Es necesario recordar que la estabilización resulta eficaz cuando se utilizan bajas proporciones de estabilizantes. Es, entonces, necesario disponer de una buena tierra, y no esperar efectos "milagrosos" del estabilizante para mejorar el material.

El IIHT (California) recomienda para el adobe realizar algunos test aumentando progresivamente las cantidades de asfalto de la siguiente manera:

CUTBACK	EMULSION
2%	3%
3%	4%
	5%
	6%

Las pruebas se hacen sobre 3 o 4 muestras que son sometidas a la compresión, a la flexión y a la prueba del rocío (ver capítulo "características del material") hasta obtener resultados satisfactorios. El IIHT señala que los suelos altamente arcillosos que requieren más de 30% de cutback o 6% de emulsión no son, en general, aptos para la fabricación de adobes a causa de las fisuras por contracción que se presentan.

LA TIERRA

Los suelos localizados en la parte inferior de la curva granulométrica *(fig. 281)* son aptos para la estabilización con asfalto. Especialmente los suelos de las zonas plásticas 0 y 1; los localizados en las zonas 2 y 3 pueden convenir en las regiones secas *(fig. 282)*.

Sometidas a ciclos de mojado y secado las tierras con contenidos de sales solubles (cloruros y sulfatos) pueden deteriorarse. El IIHT toma como tasa de sal máxima admitida 0,2%. Esta cifra nos parece severa, corresponde al caso en que se fabrican bloques de alta calidad, justificada para una producción industrial. Tierras con contenidos de sales mayores pueden ser aceptadas según el destino de los productos y su función en la edificación.

Efectos de la estabilización con asfalto

- **Influencia en la curva gráfica Proctor**

El asfalto provoca una baja en la densidad y un crecimiento del contenido óptimo del líquido (agua + asfalto). La curva se aplasta, entonces y el C.A.O. se define con menor precisión.

- **Resistencia a la compresión**

La resistencia en estado seco aumenta con la proporción de asfalto hasta un cierto punto más allá del cual comienza a decrecer peligrosamente *(fig. 289)*. El exceso de asfalto actúa como un lubricante. La resistencia en estado húmedo aumenta regularmente con la cantidad

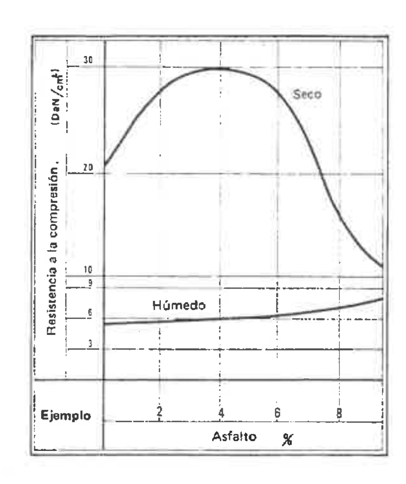


FIGURA 289: RESISTENCIA EN ESTADO SECO, RESISTENCIA EN ESTADO HUMEDO

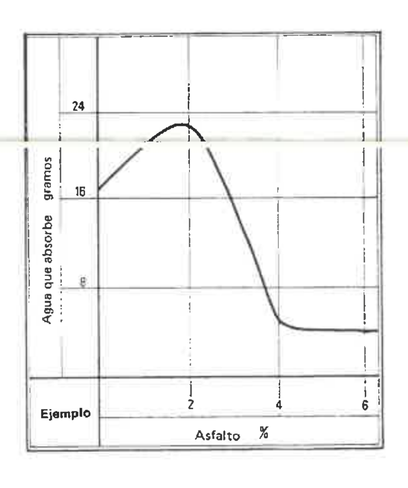


FIGURA 290: PRUEBA DE ABSORCION

de asfalto, independientemente de la resistencia en seco.

• **Absorción**
La absorción de agua disminuye a partir de un cierto punto que puede ser determinado *(fig. 290)*.

Una temperatura de 40°C durante el mezclado, el moldeado y el fraguado disminuye la absorción, mayores temperaturas no ofrecen mejoramientos significativos en el producto.

MEZCLADO

En la estabilización el mezclado es de gran importancia, ya que un exceso de este puede aumentar la absorción de agua luego del secado. Se puede producir una "rotura" prematura de la emulsión. Hay dos métodos de mezclado que dependen de si la tierra se va a utilizar compactada o nó.

a) la tierra no será compactada (adobe, moldeado directo, mortero, pañete). El mezclado se hace con contenidos líquidos superiores al C.A.O. El mezclado con la mano es fácil, y la homogeneidad del producto es excelente.

b) la tierra será compactada (tapia pisada, bloques prensados). Es necesario en este caso, para el apisonamiento, disponer de una tierra cuyo contenido de agua se aproxime al C.A.O. definido por la prueba Proctor. Si el suelo natural se encuentra húmedo, por la cantidad de líquido que aporta el estabilizante se corre el riesgo de alcanzar contenidos de agua superiores al óptimo Proctor. La tierra en este caso, debe ser secada, lo que insume un mayor tiempo de fabricación. El mezclado manual de tierras con un contenido óptimo de líquidos es dispendioso y por lo tanto menos homogéneo. La resistencia húmeda y la impermeabilidad serán menores. Por el contrario, el apisonamiento y el desmolde de los bloques prensados será más fácil, y éstos presentarán aristas impecables puesto que el asfalto, por su efecto lubricante, contribuye a lograr acabados finos.

ESTABILIZANTES NO CONVENCIONALES

Agrupamos en esta parte otros estabilizantes utilizados para la tierra. Esto no significa que dichos productos sean menos importantes; sin embargo, son menos empleados que el cemento, la cal y el asfalto, y los mecanismos para la estabilización son poco conocidos. Señalamos tres grupos principales:

– *Los productos naturales, vegetales y animales;*
– *Los productos industriales;*
– *Los estabilizantes comerciales.*

Los productos naturales

Como su nombre lo indica provienen directamente de la naturaleza. En general, no son muy eficientes, pero son normalmente baratos. Empleados en los procesos constructivos tradicionales, se les otorga, algunas veces, sin ser cierto, un efecto estabilizante: Tanino - Acido húmico.

• **Caucho natural**: Se obtiene a partir del látex de la Hevea (América del Sur, Sudeste Asiático, Africa Tropical).

• **Caseina**: Se la emplea algunas veces en forma de suero, mezclada con sangre de buey;

• **Cenizas de madera**

• **Copal de Manila**

• **Goma arágiba.** Extraída de la acacia, es soluble en el agua y su efecto estabilizante es bajo.

• **Aceites vegetales:** Aceite de abrasin, de coco, de algodón, de linaza y de ricino.

• **Latex**: Zumos de algunas plantas como el Euforbio, cuyo efecto impermeabilizante es bajo.

• **Paja**: Es muy utilizada y especialmente en las técnicas que utilizan tierras plásticas y "líquidas". Su acción como estabilizante se encuentra en discusión. Se ha probado en efecto, que el ácido láctico, que se forma luego de la descomposición de la paja durante una semana en el barro no produce mejoras. La paja debe ser considerada como un agente que refuerza o que tiene un comportamiento parecido a las gravillas o a la fibra de vidrio incorporada en las armaduras plásticas. Sus diferentes funciones son:

— impedir que se produzcan fisuras durante el secado al repartir en la masa del material las tensiones que resultan por la contracción de la arcilla;

— acelerar el secado, puesto que los canales de la paja drenan la humedad hacia el exterior del material. En presencia del agua la absorción se hará más evidente y rápida;

— aligerar el material. La cantidad de paja utilizada corrientemente alcanza algunas veces la mitad del volumen de la tierra. El material, es entonces, menos denso y el aislamiento térmico es incrementado;

— aumentar la resistencia a la tracción. Esta es una de las grandes cualidades de la paja. Pruebas que han sido llevadas a cabo en la República Democrática Alemana en los años cincuenta sobre los "hourdis" para entre piso en "tierra aligerada" (leicht lehm). El material es una mezcla de tierra con 79 kg de paja por m^3, lo que da una cantidad aproximada del 40% de fibras. Los hourdis son de 70 x 32 x 11 cm. con dos refuerzos de madera de 5 cm de sección cuadrada cada una. El cuadro *(fig. 300)* presenta los resultados de la prueba de flexión con una carga concentrada en el medio de ellos. Los valores obtenidos son sorprendentes ya que la rotura se produce con una carga de 450 kg para una flecha de 18 mm.

• **Palmo copal**: El copal es una resina que se extrae de algunos árboles tropicales. El palmo-copal es una solución de copal pirogenado en el aceite de palma (4 partes de copal por 6 de aceite). Se agrega al suelo de 3 a 8% de palmo-copal.

• **Sangre de buey**

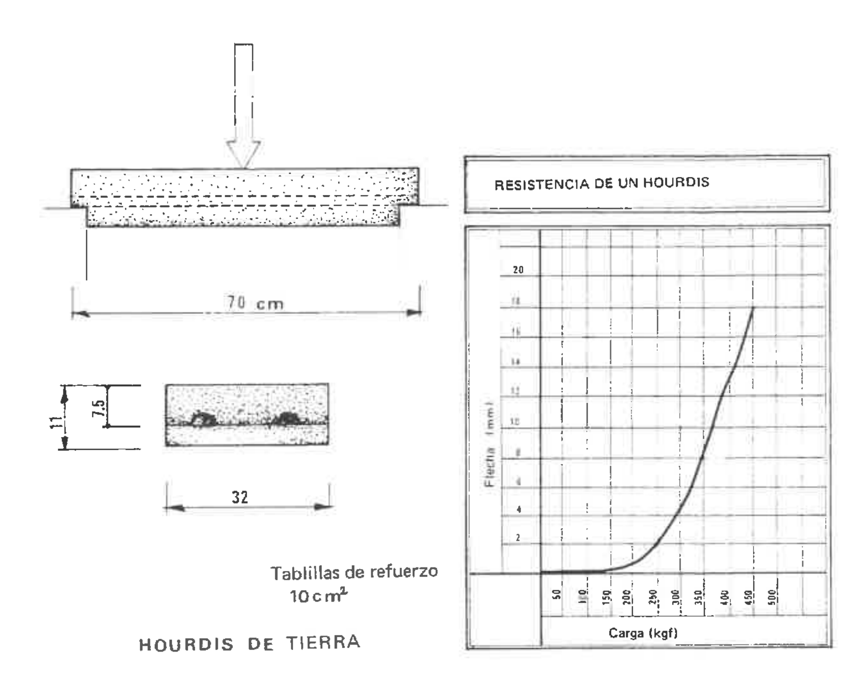


FIGURA 300: RESISTENCIA A LA FLEXION DE UN "HOURDIS"

• **Sisal:** El extracto concentrado del zumo del sisal se utiliza en México.

• **Termitero:** Los termiteros tienen una alta resistencia a la intemperie, debido probablemente a una secreción cuya sustancia activa es un polímero no iónico del grupo de las celulosas del tipo polisacárido. La tierra es utilizada algunas veces para la confección de los pañetes.

Los productos industriales

Estos estabilizantes son producto de síntesis de investigaciones realizadas en laboratorio. Poco utilizados ya que no son económicos y su eficiencia es baja, continúan siendo objeto de estudio.

• **Los ácidos:** Modifican el P.H. del suelo produciendo, generalmente, una floculación cuyos efectos son reversibles. Su manipulación en forma de concentrado o dilución, es peligrosa. Algunos de estos ácidos se incorporan con los estabilizantes comerciales. Los ácidos fosfórico, clorhídrico, sulfúrico, nítrico y fluorhídrico han sido estudiados fragmentariamente en laboratorio.

• **Las resinas:** Hay una gran variedad de resinas sintéticas, general-

mente de origen vegetal. Su acción como ligante e hidrófobo ha sido mencionada en el parágrafo: "Principales estabilizantes físico-químicos". Acetato de polivinilo / Acrilato de calcio / Anilina furfural / Colofonia (cf.. Vinsol / Melamina / Metilo–Urea / Fenol formol / Fenol furfural / Resorcina-formaldehido / Urea formaldehido / Urea formol / Urea furfural / Vinsol.

• **Las sales:** Actúan sobre las arcillas. Su empleo como estabilizante se enfrenta a numerosas dificultades entre las cuales la principal es su poca durabilidad. En efecto, ellas pueden ser expulsadas cuando el material tratado es sometido a una corriente de agua. Además, producen eflorescencia. Su principal acción consiste en reducir la afinidad de las partículas arcillosas con el agua.

– Cloruros:
  – de sodio: floculante
  – de calcio: menos eficaz que el de sodio
  – dialkyl dimetilamonio
  – férrico
– Sulfato de calcio (o yeso) se debe utilizar con reservas.
– Sales de aluminio: son electrolitos que crean una estabilización electroquímica.

• **Los silicatos:** Entre estos se encuentran los de calcio, potasio, sodio. La acción del silicato de sodio ha sido señalada en el parágrafo: "Principales estabilizantes físico-químicos".

Algunos desechos industriales pueden ser utilizados en la estabilización; estos productos como tales, muchas veces son un problema para los industriales, que no saben qué hacer con ellos y es en este punto que se puede encontrar alguna economía.

– Aceite de autos usados: Se lava progresivamente con la lluvia, por lo tanto su acción es poco durable.

– Escoria de altos hornos: según su composición puede ser eficaz o inoperante.

– Lignina: subproducto de la industria del papel es soluble en agua. Para volverla insoluble se puede mezclar con algunas sales de cromo. Sin embargo obtener la cromolignina es costoso.

– Melazas: melaza de madera (cf. lignina). Melaza de azúcar o sacarato de cal.

Estabilizantes comerciales

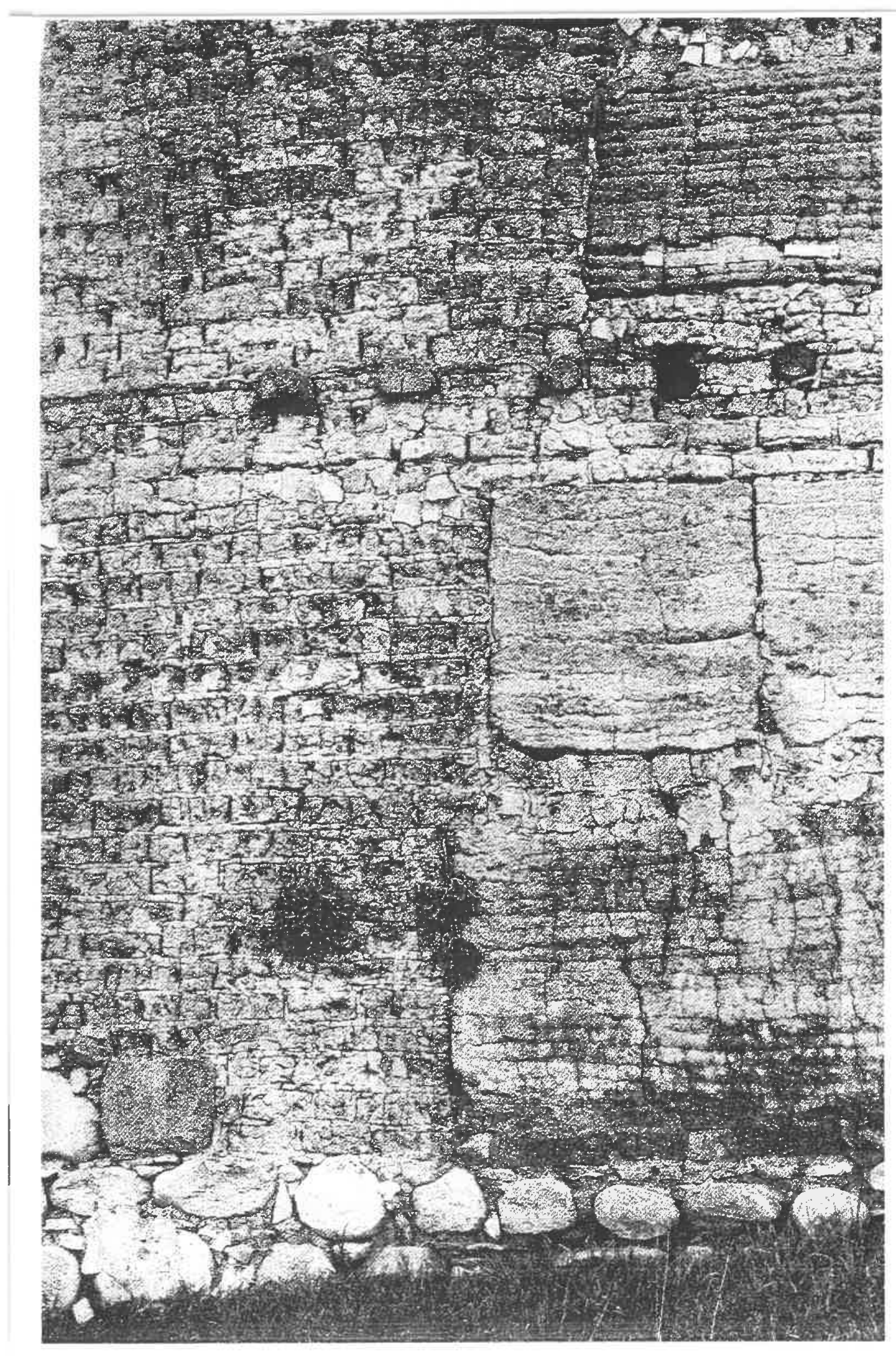
A continuación presentamos una lista de los estabilizantes comerciales. Hay creencia que estos son productos milagrosos, al contrario, algunas veces, son de baja eficiencia, que además debe ser verificada, poniendo en duda los beneficios proclamados por los agentes vendedores. En su gran mayoría, estos estabilizantes son derivados de productos industriales comerciales que reaccionan según mecanismos poco conocidos. Por ejemplo: un estabilizante que contenga un 90% de ácido sulfúrico será descrito como:

"líquido catalizador, soluble en agua que provoca un intercambio de iones". Tampoco deben ser rechazados sistemáticamente, sino que deberán ser observados con cierta desconfianza; algunos son bastante eficaces, cuando se trata de aplicaciones específicas. Por último, sus costos deben ser analizados con el objeto de mantenerlos competentes con los de los estabilizantes convencionales.

Producto o proceso	Base	Dosificación	Observaciones
ADOGEN 442	Amina cuaternaria	0,15 à 2%	
ALIQUAD H 226	Amina cuaternaria	0,15 à 2%	
AM 9	Poliacrylamida		Poca toxicidad
ARMEEM	Detergente polímero		
ARQUAD 2 HT	Dialkyl-dimetilamonio Cloruro Detergente polímero derivado De amonio cuaternario		
CONSERVEX SCX 444	cut-back y amina cuaternaria	0,5 à 1%	Impermeabilizante, utilizar con CONSOLID SC 444
CONSOLID SC 444	Cera y detergente polímero	0,05	Facilita la compactación emplear con CONSERVEX SCX 444
CRETASOL	Amina cuaternaria sobre carga calcárea	idem STABIRAM	
EARTH-PAK			Facilita la compactación
LATOREX	Laterita +cal		Se vende con la unidad de producción con otro nombre comercial del RRP
LANDSCAPE			
MITSUI STOPPER	Poliuretano		
NSP 121	Resina hidrófoba natural		
NSP 252	Resina hidrófoba natural		
NVX	Resina hidrófoba natural		
PACZYME			Facilita la compactación
PLASMOFALT			
PLASTIC B	Limiosulfato et cut-back		Ligante e impermeabilizante
RESINE 321	Derivado de colofonio		
RRP	Acido sulfúrico e hidrocarbonos Sulfonatos		Facilita la compactación
STABILONIA	Acetato de amina	0,2 %	parecido al STABIRAM 6775
STABINOL	80 % cemento portland 20 % resina		ligante e hidrófobo
STABIRAM 6775	Acetato de amina	0,2 à 1 %	cf. STABILONIA
STASOL	Acido y electrolito		2 productos utilizados sucesivamente A – Líquido B – Sólido soluble en agua
TACSS	Poliuretano		
TERBEC	4 Tert butilpiro o cachetol		Impermeabilizante
TERRABIND A & B	Resina abiético Limisulfato		idem Résine 321. debe agregarse en sulfato de alúmina
TERRABIND C			Ligante
TERRABIND D	Amino cuaternario		

Técnicas mixtas





8 Técnicas mixtas

Agrupamos bajo este título los modos de construcción en los cuales la tierra está asociada a elementos estructurales (armadura) de madera o en otro material resistente (bambú, acero, hormigón armado...). Hay numerosas variaciones, alrededor de este concepto, ya sea que la armadura constituya lo esencial de la estructura o sea un simple refuerzo. A continuación señalaremos tres grandes grupos:

– La armadura soporta todos los esfuerzos de la edificación, y la tierra interviene como un material de relleno entre los elementos portantes del entramado. Este es el caso de las casas en "pan-de-bois" como las casas alsacianas o normandas.

– La estructura y la tierra se reparten los esfuerzos. Los elementos de la armadura, más livianos que en el pan-de-bois, absorben los esfuerzos por la compresión y rigidizan el conjunto: La estructura tiene, entonces, el espesor del muro, o forma dos capas que conforman con la tierra un tabique "Sandwich".

– Los elementos trabajan principalmente en la flexión: entrepisos, dinteles, "hourdis" para entrepiso o cubierta.

Pan de bois

En este modo de construcción, la función de la tierra es proteger contra el frío y la intemperie. El trabajo estructural principal es el de la armadura. Las técnicas del "colombage" (conjunto de columnas de un pan-de-bois) que justifican una publicación especializada no serán tratadas en este capítulo.

El material para el relleno, llamado "torchis" es una mezcla de tierra con fibras vegetales o pelos de animales, que se aplica en estado plástico sobre un encañado de pequeñas tablas de madera *(fig. 295)*. En general, el relleno de tierra no recubre los elementos estructurales y el espesor de los muros es bastante delgado y la construcción es liviana.

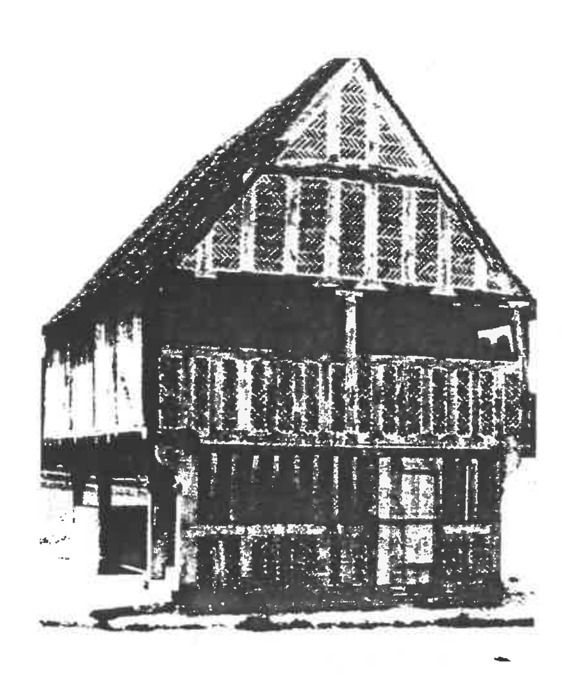


FIGURA 292: "TITCHFIELD MARKET HALL" SIGLO XVI, MUSEO DE SINGLETON

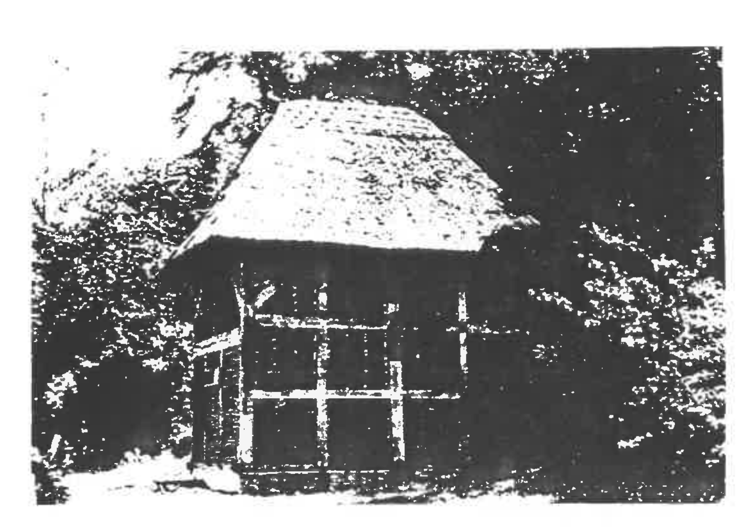


FIGURA 293: "CATHERINGTON TREAD WHEEL" SIGLO XVII MUSEO DE SINGLETON. ESTA PEQUEÑA CASA CONTIENE UNA RUEDA EN LA CUAL MARCHABA UN HOMBRE PARA ELEVAR EL AGUA DEL POZO.

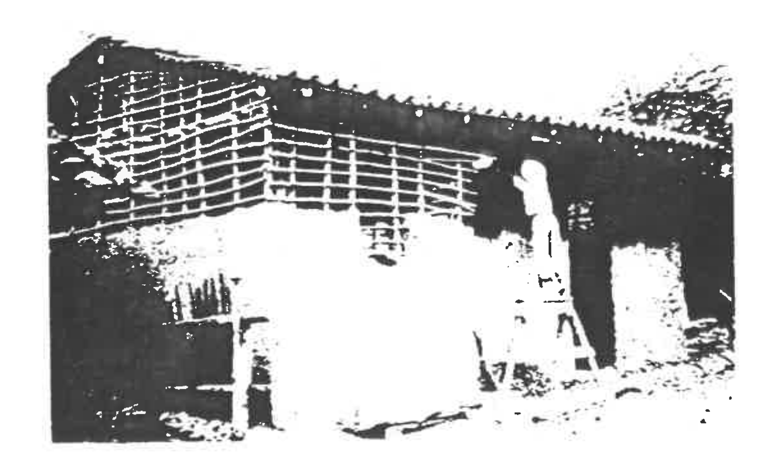


FIGURA 295: RELLENO DE TIERRA SOBRE ESTRUCTURA DE MADERA

Construcción con "tierra y columnas"

(Lehmständerbau)

Esta es una variante del pan-de-bois, donde el trabajo de la armadura se reduce al mínimo. La estructura se compone de postes en madera rolliza o aserrada de 10 a 15 cms. de diámetro, colocados en el centro del muro o distancia entre ellos de 1,50 mts. Algunas veces son implantados directamente sobre el terreno, pero generalmente para protegerlos del deterioro se les coloca en un sobrecimiento. Se completa la estructura con vigas de amarre a nivel inferior y superior. Los postes son reforzados en los ángulos, y la rigidez de la estructura está asegurada por el relleno con tierra *(fig. 296)*. Los muros con un espesor de

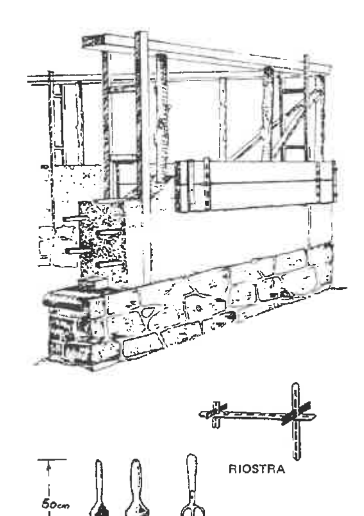


FIGURA 296: CONSTRUCCION CON "TIERRA Y COLUMNAS"
—SE OBSERVAN LAS COLUMNAS EN MADERA ROLLIZA Y LAS GUIAS SOBRE LAS CUALES SE APOYA EL ENCOFRADO, QUE SON RETIRADAS AL FINALIZAR EL MURO.
—LA "LLAVE" MANTIENE LA SEPARACION DE LOS DOS PANELES DEL ENCOFRADO

40 a 50 cm. son construidos con una mezcla de tierra y paja en proporciones iguales (en volumen), humedecida con agua hasta obtener una consistencia plástica. Este es el mismo material utilizado para la técnica "bauge" (cf.: "moldeado directo"). Tablas delgadas de madera son colocadas verticalmente al interior y al exterior del muro, como guías, con el objeto de apoyar sobre ellas el encofrado formado por dos paneles que son retirados al finalizar la construcción. En algunos casos, estas guías hacen parte de la estructura del muro, reemplazando las columnas; éstas son dos medias-columnas de madera rolliza, con la parte plana hacia el exterior y unidas por dos o tres tirantes. El encofrado se llena con la mezcla de tierra y se moldea con una pequeña horquilla para ser apisonado a continuación con un pisón de madera. Se colocan como refuerzo horizontal, pequeños listones de madera, en algunas partes del muro. Al finalizar el muro, el material resulta tan "elástico" que no se presentan fisuras por contracción.

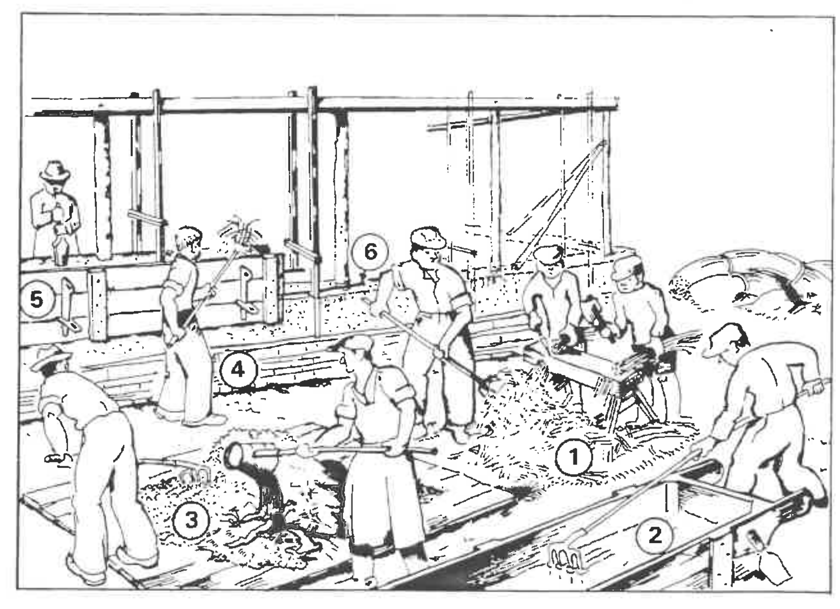


FIGURA 297: CONSTRUCCION CON "TIERRA Y COLUMNAS"

1. LA PAJA Y LAS OTRAS FIBRAS SE CORTAN EN TAMAÑOS DE 10 A 15 CM.
2. PREPARACION DEL BARRO.
3. MEZCLA DEL BARRO CON LAS FIBRAS.
4. LLENADO DEL ENCOFRADO
5. LA COMPACTACION SE REALIZA CON UN PEQUEÑO PISON.
6. LISTONES HORIZONTALES QUE SIRVEN DE REFUERZO.

Elementos horizontales

Las técnicas a continuación utilizan mezclas de tierra con alto contenido de paja. `Esta, además de aportar una resistencia adicional, permite la utilización de la tierra en elementos que sean sometidos a los esfuerzos de flexión.

ENTREPISOS *(fig. 298)*

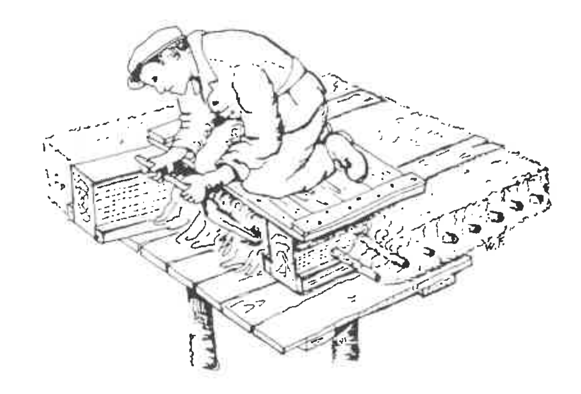
Colocadas las viguetas del entrepiso se rigidizan con un encañado de pequeños elementos de madera separados entre sí 8 o 10 cm.

Una tabla-soporte de 1 x 0,8 m, es colocada y apuntalada bajo las viguetas. Esta tabla se debe apuntalar y mantener húmeda durante la ejecución del trabajo. La tierra en estado plástico y en forma de lengüetas debe ser moldeada sobre la tabla y presionada con un bastón de madera para envolver los pequeños listones con la mezcla de tierra. El obrero colocado en posición de rodillas, sobre una tabla, apisona fuertemente la tierra, con un pequeño pisón, por encima y, por debajo de los listones, con el objeto de obtener una superficie lisa. La tabla-soporte es desplazada al lado al finalizar una porción de 70 cm.

ELEMENTOS PREFABRICADOS

La República Democrática Alemana, después de la guerra, ha realizado experimentos sobre tres tipos de elementos:

– paneles divisorios con empalme de 100 x 25 cm.;
– dinteles para puertas y ventanas hasta 1,20 m. de ancho;
– prefabricados para entrepisos y techos "hourdis" *(fig. 299).*



Fauth

FIGURA 298: LLENADO DE UN ENTREPISO CON ENCAÑADO

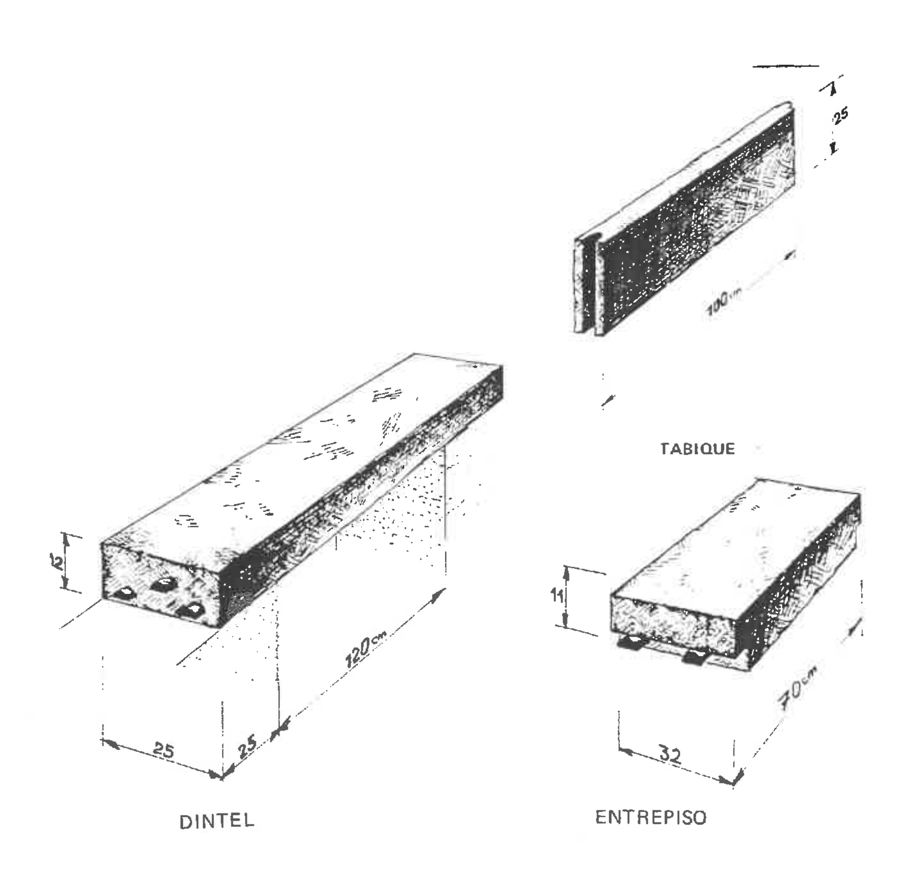


FIGURA 299: ELEMENTOS PREFABRICADOS EN "LEICHT LEHM"
(TIERRA CON ALTO CONTENIDO DE PAJA

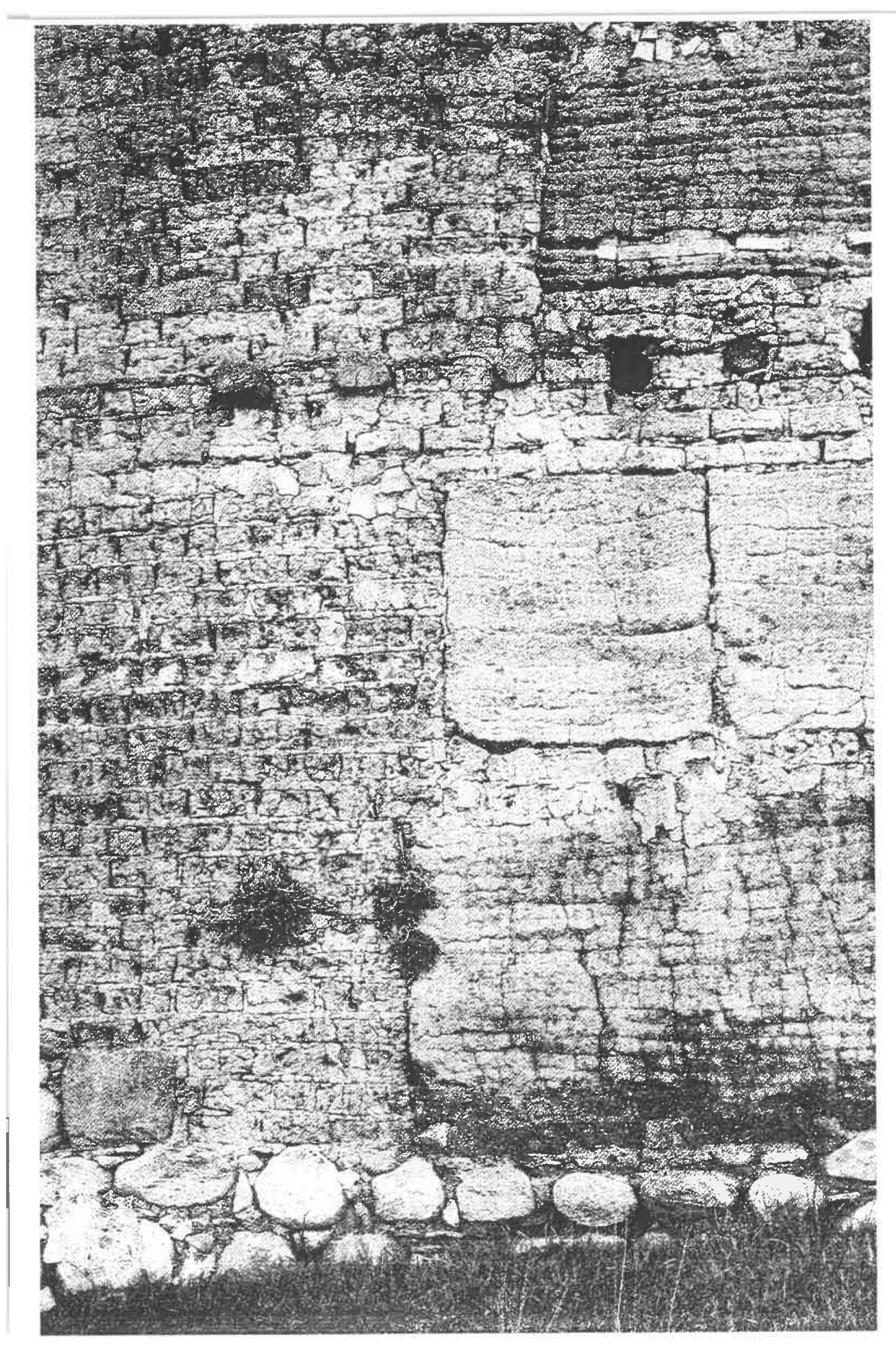
espesor (cm)	volumen de tierra por m² (m³)	peso de la fibra por m² (kg)	peso del elemento por m² (kg)	densidad
6	0,03	3 a 4	48	0,8
10	0.05	5 a 7	80	0,8
14	0.07	7 a 10	112	0,8
18	0,09	9 a 12,5	114	0,63

Estos prefabricados de 70 x 32 x 11 cm. están reforzados con dos piezas de madera de 3 cm. de diámetro. Estas piezas de madera, colocadas previamente en agua o en barro, son revestidas con una capa de tierra y fibras de 4 cm. de espesor. Posteriormente se las coloca así en los moldes en el momento del llenado. En marzo de 1950 en Magdebourg, se realizó una prueba de flexión sobre un hourdis, dando como resultado una resistencia total de 450 kg *(fig. 300).*

La tierra (leichtlehm), humedecida correctamente, se mezcla con 50 a 70 kg de paja por metro cúbico de tierra. Posteriormente se moldea sobre una tabla especial provista de una tapa pesada rebatible que compacta la tierra en el molde realizando un apisonamiento ligero. Los elementos prefabricados, en su mayoría, son reforzados con listones de madera. En el cuadro anterior presentamos, algunas características de estos elementos terminados, señalando la ventaja como aislantes térmicos por la baja densidad.

Cubiertas con tierra





9 Cubiertas con tierra

Desde la antigüedad la tierra ha sido utilizada en la construcción de techos; el tipo de techo depende de la función principal de la cubierta: protección hacia el calor, hacia el frío o hacia la lluvia. La estabilización de las tierras permite aumentar la duración de los techos y disminuir las faenas dedicadas al mantenimiento de los mismos.

El material empleado para las cubiertas puede adquirir diversas formas, la tierra puede ser colada o compactada en el sitio sobre una estructura de madera, de bambú y otros materiales. También se pueden elaborar prefabricados reforzados para ser apoyados sobre una estructura convencional (cf. capítulo "Técnicas mixtas") o utilizar bloques para construir arcos, bóvedas y cúpulas.

Techos planos

Este es el tipo de cubierta utilizado tradicionalmente en las casas de Nuevo México (U.S.A.). Es también la manera más sencilla de hacer un techo. Sobre la viga de amarre superior en madera o en hormigón armado, se colocan vigas con una pequeña pendiente para facilitar el drenaje de las aguas. Sobre estas se colocan tablas o varas de madera de 3 a 6 cm de diámetro. Un papel grueso de buena calidad o tela asfáltica, se extiende a continuación sobre una estructura. La tierra puede ser colocada en estado húmedo, como barro, en un espesor de 20 a 30 cm. o ser apisonada en capas de 7 cm aproximadamente. En seguida se aplica un material impermeabilizante, encima de éste se puede extender una nueva capa de tierra o de gravilla con el propósito de proteger el impermeabilizante de las dilataciones fuertes producidas por los cambios de temperatura.

En el Perú, se ha experimentado un sistema, que consiste en vaciar sobre una estructura de caña tierra estabilizada con asfalto y con alto porcentaje de fibras *(fig. 301)* (Ver capítulo "Adobe": proyecto de Cayalti).

Dos clases de caña se emplearon:

– *la caña brava* (caña llena) de 2 cms de diámetro en longitudes de 4 mts, utilizadas enteras, 11 unidades por m^2.
– *el carrizo* o caña común (caña hueca) de 2 cms. de diámetro, en longitudes de 4 m partidas en dos a lo largo, siete unidades por m^2.
Para reforzar la tierra fueron probadas diferentes fibras. En orden de preferencia están, los desechos de la caña de azúcar, la hierba seca (grama china y cynodon dactylon) y la cascarilla de arroz. El porcentaje en volumen de estas fibras agregadas a la tierra es del 60%.

Las cañas son impregnadas de una solución de asfalto, y luego clavadas sobre una armadura de madera, los clavos deben ser colocados cerca de los nudos para evitar la rajadura de las cañas. La tierra areno-arcillosa, con un contenido de 75% de arena, fue estabilizada al 2% con asfalto (RC 250). El asfalto es mezclado con la tierra, posteriormente las fibras son añadidas a la mezcla y a continuación se extiende una capa de ésta de 3 cms. de espesor sobre las cañas, para ser finalmente nivelada con la boquillera.

TIEMPO DE EJECUCION

• Con la caña brava se preparan 110 a 130 cañas por hora y se colocan en el mismo tiempo de 60 a 65.
• Del carrizo se preparan 110 por hora, se parten a lo largo 180 por hora y el rendimiento en la colocación es similar al de la caña brava, es decir 60 a 65 cañas por hora.

PREPARACION DE LA TIERRA

Mezclado manual . . 0,33 m^3/hora
Aplicación . . . . 0,25 m^3/hora
Nivelación y
alisado con llana . . . 12 m^2/hora

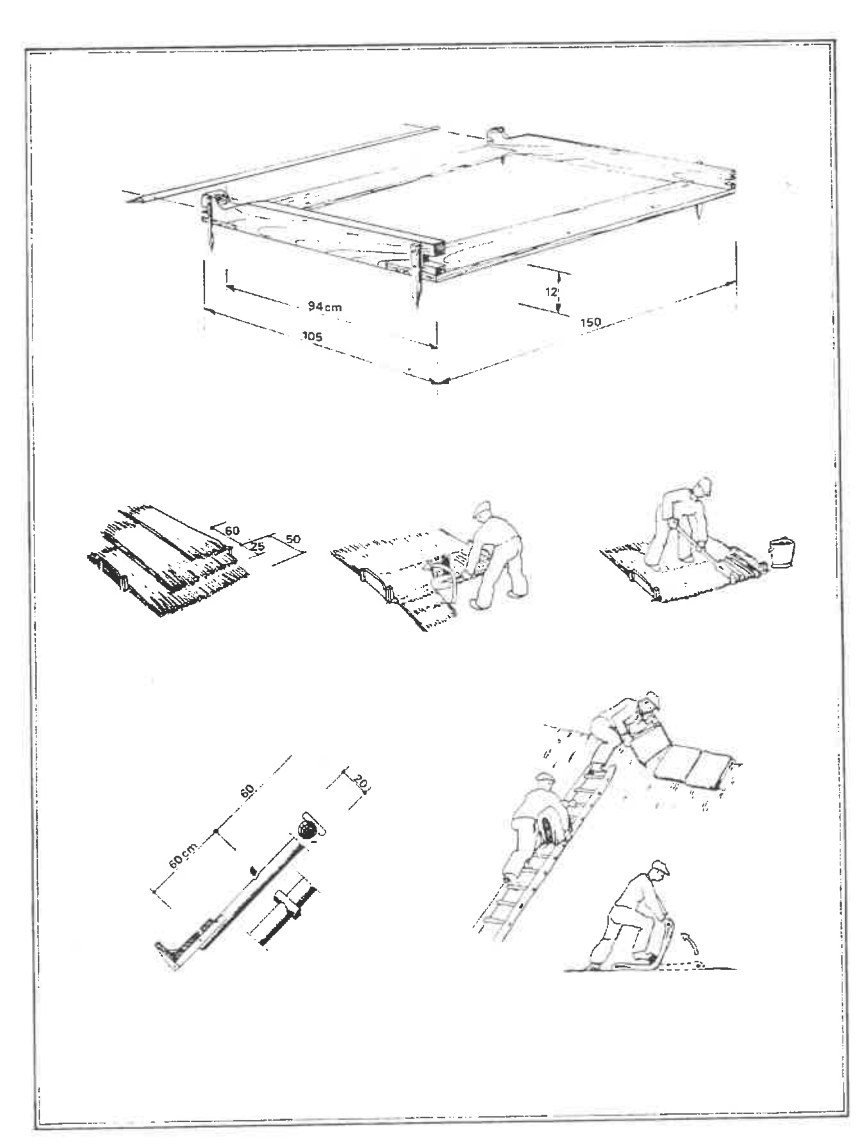
En el Perú, otro sistema ha sido experimentado*, a partir de paneles prefabricados con cañas y tierra estabilizada con cemento. Las cañas empleadas, del tipo "Carricillo", eran más flexibles y livianas. La tierra compactada poseía las siguientes características:

Límite líquido 23,9%
Límite plástico 20,8%
Indice de plasticidad 3,1%

Se trata, entonces, de una tierra arenosa y poco plástica.
Los paneles son prefabricados en el suelo en un tablero de 1 x 1 m:
– se extiende una capa de 2,5 cms de tierra estabilizada con cemento al 15%.
– se colocan las cañas, previamente, aplastadas, formando una malla.
– se las recubre con tierra en la superficie del tablero y se compacta con un pisón de 10 kg durante cinco golpes consecutivos. Se obtiene así, un apisonamiento equivalente al 90% de la prueba Proctor.
– los paneles pueden ser utilizados después de un fraguado de 7 días.

Los paneles de 100 x 100 x 6,3 cm pesan 111 kg.

* Ver Capítulo "ADOBE" Proyecto Lima.



Pollack, Richter

FIGURA 302: FABRICACION DE GRANDES PREFABRICADOS DE ARCILLA

Las cañas equivalen al 0,67% del peso del panel terminado y éste puede soportar a la flexión una carga de 372 kg repartida en toda la superficie.

Prefabricados de arcilla
(fig. 302)

Esta es una técnica tradicional alemana. Son prefabricados de palma, aglomerados con tierra. En general miden de 90 x 60 cm y se fabrican sobre una tabla.

En Saxe en 1950, se ensayó la realización de prefabricados más grandes de 150 a 160 cms. de ancho. Estos prefabricados, fueron elaborados en el piso en una especie de molde construído con dos tablas de 60 x 12 cms. fijas en el suelo: Se coloca la paja de centeno o de juncos en este marco, las espigas dirigidas hacia la parte alta del prefabricado, en tres capas desplazadas 25 cms unas sobre otras, las espigas sobresalen 50 cms de la parte alta del molde. El espesor total es de 12 cms. Sobre estas capas de paja que deben ser humedecidas previamente, y ordenadas cuidadosamente se extiende el barro entre las tablas del molde a lo largo del prefabricado. Una pieza de madera de 3 cms de diámetro con un extremo puntiagudo y que sobresale 8 cms. de un lado del molde se coloca en la parte alta del prefabricado y se pañeta con el barro como el resto. En seguida, alrededor de esta pieza de madera con una pala se doblan las espigas, es muy importante realizar esto con rapidez para obtener un buen resultado. Se hace penetrar el barro en la paja con el filo de ésta y cardando las fibras de la parte superior hacia atrás, de tal manera que se obtenga un acabado homogéneo de la paja al menos sobre 5 cms de profundidad. Se alisa a continuación la parte superior del prefabricado con una boquillera, al mismo tiempo en la parte superior del prefabricado se forma una especie de gancho, a todo lo largo del prefabricado, con un listón de madera. Una vez listo el prefabricado, las dos personas lo transportan tomándolo de la pieza de madera de la parte superior y de una tabla colocada en el medio. En el área señalada para el secamiento el prefabricado es colocado de plano, y con un almocafre o plantador de jardinero, se perfora un hueco frente a la parte puntiaguda de la pieza de madera. Luego del endurecimiento al ser colocado sobre el techo, la punta del madero que sobresale de un solo lado penetra en el hueco del prefabricado precedente. Los prefabricados son almacenados de plano para el secado, de tal manera que la parte superior arcillosa de uno de ellos descanse sobre la paja del otro. De esta forma las extremidades de la paja son alisadas por el peso del prefabricado colocado a continuación. El secado dura ocho días en buenas condiciones. Posteriormente, se almacenan sobre vigas que los aislan del suelo, colocados unos sobre otros y protegidos por un techo pequeño. De esta forma pueden conservarse durante años.

Los prefabricados de alero y los caballetes se ejecutan como si fueran prefabricados de doble cabeza;

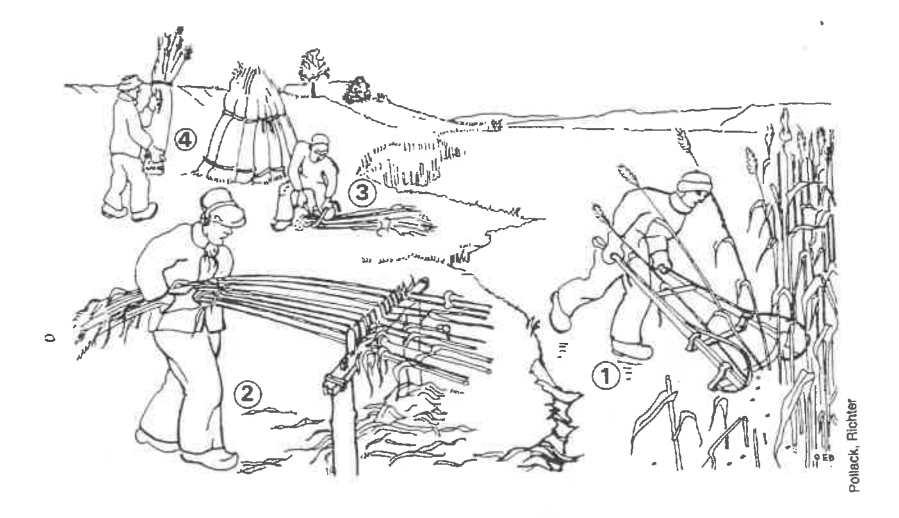


FIGURA 303: RECOLECCION DE CAÑAS PARA LOS PREFABRICADOS EN ALEMANIA

pero están conformados por una sola capa de paja que sobresale en los dos lados del molde y se dobla hacia el centro.

Colocación de los prefabricados: Se fijan sobre tres cabrios del techo a la vez, por medio de listones de madera de 20 cms de largo clavados a ellos.

La inclinación del techo debe ser de 45° como mínimo. Cada prefabricado de 150 x 150 cms cubre aproximadamente 0,75 m^2 de techo, y pesa 50 kg/m^2 de superficie en pendiente.

Bóvedas con bloques de tierra

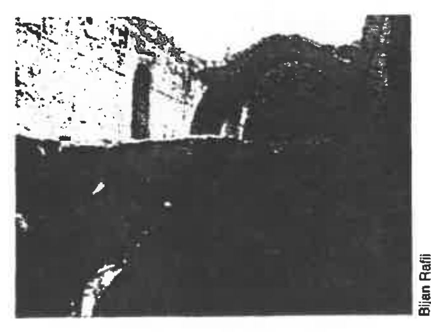
En Irán y en el Oriente Medio las bóvedas y las cúpulas son utilizadas corrientemente. En Egipto, los graneros de Ramasseun en Luxor *(fig. 304)* y las bóvedas escalonadas del Monasterio St-Simeón en Asuán *(fig. 305)* demuestran el grado de desarrollo de esta técnica después de varios siglos.

En Ctésiphon (Irak) se encuentra la bóveda de bloques más grande conocida: tiene una luz de 27 mts y la altura es de 38 mts. La forma que debe tener el arco de una bóveda no debe permitir el trabajo a la tracción de ninguno de los mampuestos. La curva geométrica ideal, es entonces, aquella de la cadeneta, que consiste en la forma que toma naturalmente una cadena al estar sostenida de sus extremos. La relación altura/luz, que determina la forma de la bóveda, no debe ser muy pequeña, ya que de lo contrario las bases serán sometidas a esfuerzos horizontales altos. En efecto, una bóveda rebajada ofrecerá,



FIGURA 304: GRANEROS DE RAMASSEUN EN TEBAS (EGIPTO)

un espacio habitable con poco material, pero los bloques estarán sometidos a altos esfuerzos de compresión siendo el cizallamiento uno de los más significativos.



Bijan Rafii

FIGURA 305: BOVEDAS ESCALONADAS - MONASTERIO DE SAINT-SIMEON (ASUAN, EGIPTO)

Principios para el diseño

En la práctica la luz de las bóvedas está limitada por la resistencia de los bloques de tierra, especialmente por las reacciones del suelo a los empujes horizontales. Sin embargo, se puede cubrir grandes espacios, construyendo arcos paralelos apoyados lateralmente con contrafuertes. Las bóvedas de baja altura unen estos arcos, ofreciendo así, un espacio cubierto de poco peso.

Construcción de bóvedas con cimbra

El método más sencillo para construir una bóveda, es a partir de la utilización de una cimbra que soporta los bloques durante la construcción. Emplear bloques para apuntalar los arcos es un procedimiento difícil de utilizar por la cantidad de material que requiere. Generalmente es más fácil construir una cimbra desarmable. Cuando el espacio a cubrir es muy grande se usa un encofrado de uno a dos metros de largo que es desplazado a medida que la construcción de la bóveda avanza. La cimbra puede hacerse en metal *(fig. 306)* o en madera. Debe ser liviana y fácilmente desarmable. Se coloca sobre cuñas o por intermedio de un sistema de levas que permitan bajar algunos centímetros el conjunto en el momento de retirar el encofrado, aligerando el peso de la bóveda.

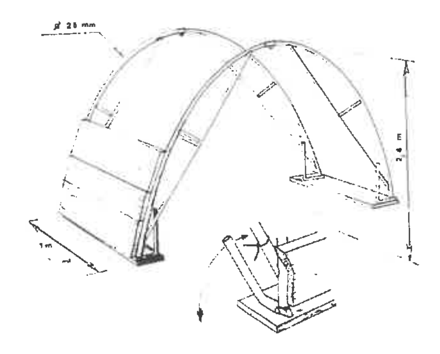


FIGURA 306: ENCOFRADO EXPERIMENTAL CON SISTEMA DE LEVAS

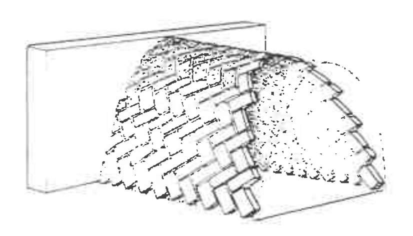


FIGURA 307: APAREJO EN ESPIGA (O EN FORMA DE ANGULO)

El aparejo, es generalmente, en forma de espiga *(fig. 307)* para mejorar el amarre de las diferentes partes de la bóveda. Una mampostería en hiladas horizontales no permite un buen amarre entre las dos partes sucesivas de bóveda.

Construcción de bóvedas sin cimbra

El método de construcción de bóvedas sin encofrado es bastante empleado en Irán y en la región llamada antiguamente Nubia. La actualización de esta técnica se debe, en parte a los esfuerzos realizados por el arquitecto egipcio Hassan Fathy en la experiencia de Gourna en 1948. Este proyecto en Egipto (frente a Luxor) para una población de 7.000 habitantes, debía ser construido totalmente con bloques de barro y los techos de bóvedas y cúpulas. En esta región de Egipto, no era conocida la construcción con bóvedas. El arquitecto Fathy reclutó obreros Nubianos con el objeto de enseñarle a los Gournis esta técnica de construcción *(fig. 309-310)*.



FIGURA 309: CONSTRUCCION DE UNA BOVEDA NUBIANA CERCA DE ASUAN (EGIPTO)



FIGURA 310: EL OBRERO NUBIANO ADHIERE EL BLOQUE CON EL MORTERO. SE OBSERVA UNA CARA DEL BLOQUE HUECO AL MOLDEARLO QUE MEJORA LA ADHERENCIA DE ESTE CON EL MORTERO

CRATerre ensayó también esta técnica, al levantar una pequeña bóveda en Vignieu (Isère) en 1977. La bóveda de 3 mts de luz y 3 de altura se construyó con bloques estabilizados compactados en una prensa manual ("Palafitte" ver capítulo "Bloques de tierra prensados"). No utilizamos el adobe, ya que este requiere de un proceso de secado más largo, tiempo del que no se disponía en este proyecto.

El principio de este proceso es construir la bóveda con hiladas de bloques muy inclinadas (70° a 80°) sobre la horizontal; cada bloque, está entonces, apoyado sobre la hilada anterior y el mortero arcilloso proporciona la adherencia suficiente para que no se suelte. Las primeras hiladas se apoyan en un muro vertical sobre el cual se ha trazado el perfil de la bóveda. Los obreros nubianos trazan una parábola per-

fecta sin el empleo de medidas ni instrumentos.

Las primeras hiladas se colocan "a tizón" (en una cara) *(fig. 311)* para una mayor resistencia, en seguida "en pandereta" (en el extremo) con el propósito de hacer más liviana la construcción.



ADETEN

FIGURA 311: COLOCACION SOBRE EL SOBRECIMIENTO DE LOS PRIMEROS BLOQUES

Tierra estabilizada con cemento fue el mortero utilizado. Los bloques *estandard* de la prensa (29 x 14 x 9 cm) eran muy pesados para ser mantenidos por la sola adherencia del mortero en la cima de la bóveda. Se fabricaron entonces, bloques más livianos (con 4 cms. de espesor), que podían ser mantenidos en el sitio con el mortero *(fig. 312)*.

Los nubianos emplean para las bóvedas y las cúpulas adobes especiales, de 5 cms. de espesor y con alto contenido de paja, lo que los hace especialmente livianos. Sobre las caras trazan surcos con los dedos, en forma de diagonal, que mejoran la adherencia de bloques y mortero por "succión".

Los obreros de Gourna en equipos de dos personas construían una bóveda del mismo tamaño (3 mts de luz) con un rendimiento de 0,2 mts lineales por hora (54 bloques). Para alcanzar este ritmo recibieron entrenamiento durante dos meses. Para CRATerre por la falta de experiencia, la obra avanzó lentamente.



ADETEN

FIGURA 312: COLOCACION DE LOS BLOQUES: LA BOVEDA TIENE ENTONCES 15 CMS DE ESPESOR

La principal dificultad de la construcción consiste en mantener siem-

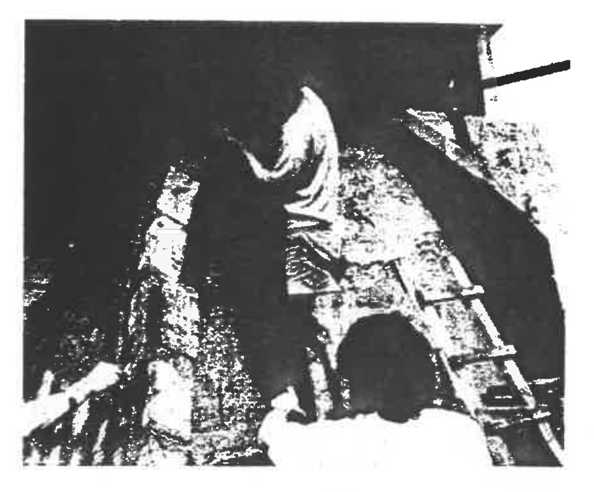


FIGURA 313: LOS BLOQUES DE LA CIMA DEBEN SER COLOCADOS CUIDADOSAMENTE

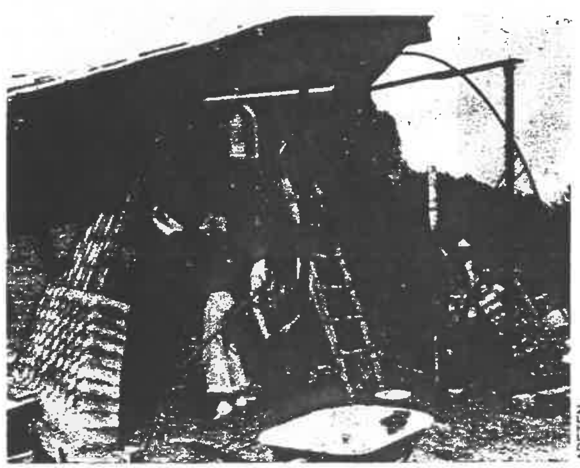


FIGURA 314: EL OBRERO EN LA PARTE SUPERIOR IZQUIERDA VERIFICA EL PERFIL DE LA BOVEDA

pre durante las faenas la forma con la cual se iniciaron los trabajos. Por efecto de la perspectiva, se tiene la tendencia a abrir la bóveda a la altura de los "riñones" y a elevar la clave. Al alterar la forma original, es posible que los lboques sean sometidos a esfuerzos de tracción. Es

necesario vigilar también, la inclinación de las hiladas ya que el obrero tiene, algunas veces, la tendencia a disminuirla a medida que se acerca a la parte alta de la bóveda. La bóveda termina, por lo tanto en una cara oblicua. Se pueden levantar progresivamente los arcos hasta la vertical dejándolos secar cada tres o cuatro arcos de bloques.

Cúpulas

Las secciones horizontales de las bóvedas son rectangulares, mientras que las de las cúpulas son circulares. Estas se adaptan, entonces, fácilmente a espacios de formas redondas. Pero, cuando se trata de colocar una cúpula sobre una forma cuadrada o rectangular aparece una dificultad; sin embargo, existen diferentes formas de resolverlo *(fig. 315)*.

Bóvedas piramidales

La intersección de dos bóvedas, forma una "cúpula falsa" que se parece a una pirámide de caras convexas. Contrario a la bóveda por aristas, en la que se conserva la parte "interior" de la interseccion. Las secciones horizontales de esta "cúpula" son cuadradas.

Cúpulas sobre trompas

La transición del cuadrado al círculo se hace por intermedio de un octágono, "cortando" las esquinas del cuadrado. Es posible realizarlo de dos formas diferentes: con vigas en un material resistente, o con pequeñas bóvedas en las esquinas "trompas" de diversas formas, (conos, bóvedas de cascarón). La cúpula se apoya sobre el octágono

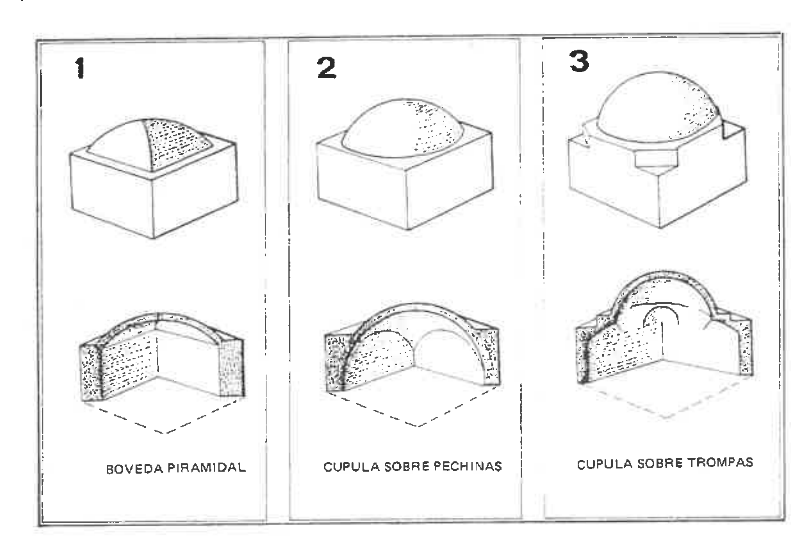


FIGURA 315: TRES METODOS PARA LA COLOCACION DE UNA CUPULA SOBRE UN ESPACIO CUADRADO

y su diámetro es igual a un lado del cuadrado.



FIGURA 316: TROMPAS DE LA CUPULA DE LA MEZQUITA DEL NUEVO GOURNA (EGIPTO)

Cúpulas sobre pechinas

El diámetro de la cúpula es igual a la diagonal del cuadrado y aquella no es una semi-esfera completa. La construcción se inicia en cada esquina por las pechinas, que son como unos triángulos esféricos, que se encuentran en medio de la arista superior de los muros. El centro de la cúpula se encuentra más bajo que el nivel de remate de los muros, aproximadamente a un metro del suelo para un espacio de 4 x 4 mts, el arco es, entonces, aplastado. Este tipo de cúpula es más liviana, pero, al no ser completamente independiente ejerce empujes horizontales en medio del remate de los muros.

CONSTRUCCION DE LAS CUPULAS

Cúpulas encofradas

No hay soluciones sencillas para encofrar una cúpula, el encofrado debe ser del tamaño del espacio a cubrir, y desarmarse fácilmente al terminar la construcción.

Cúpula por desplazamiento *(fig. 318)*

Los bloques se colocan en hiladas horizontales en voladizo los unos sobre los otros; deben ser suficientemente gruesos como para lograr un voladizo pronunciado. Se aparejan en anillos independientes o en espiral. Terminar la cúpula en círculo es difícil porque el voladizo de los bloques a medida que avanza la construcción aumenta. Algunas



FIGURA 318: CUPULA POR DESPLAZAMIENTO. EL VOLADIZO DE UN BLOQUE CORRESPONDE APROXIMADAMENTE A UN DECIMO DE LA LONGITUD

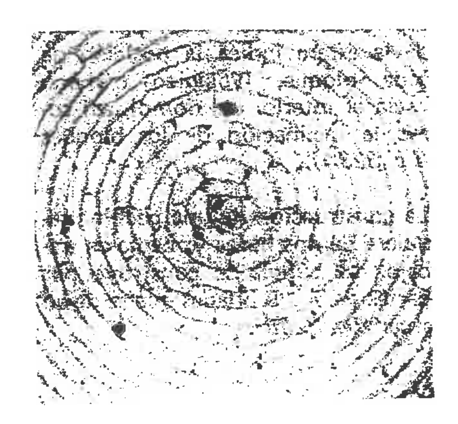


FIGURA 319: VISTA DE UNA CUPULA POR DEBAJO, LOS BLOQUES ESTAN COLOCADOS EN ESPIRAL (SIRIA)

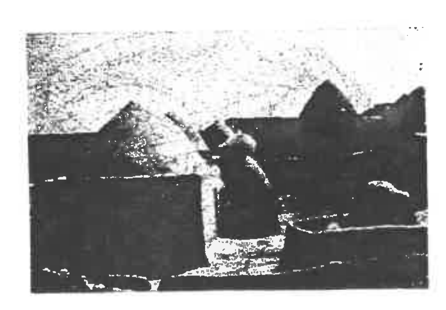


FIGURA 320: LAS CUPULAS POR "DESPLAZAMIENTO" SON GENERALMENTE CONICAS (SIRIA)

veces se hace el techo en forma de cono *(fig. 320).*

Cúpula "Nubiana" *(fig. 321)*

Los obreros Nubianos construyen cúpulas sin encofrado, siguiendo los mismos principios que para las bóvedas (experiencia de la ADAUA en Mauritania). Para la transición de la planta cuadrada a la base circular de la cúpula se deben construir pechinas; éstas y la cúpula hacen parte de una esfera cuyo diámetro es igual a la diagonal del espacio cuadrado que se va a cubrir.

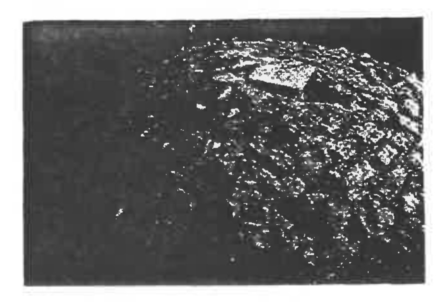


FIGURA 321: CUPULA CONSTRUIDA SIN ENCOFRADO EN NUEVO GOURNA (EGIPTO)

La construcción se realiza con bloques rectangulares en lugar de dovelas y sin cimbra. Para evitar el deslizamiento de los bloques se utiliza un sistema basado en la particular disposición de estos. Se emplea el mismo método para la construcción de las pechinas y del domo o cúpula.

Los bloques prensados (prensa Majomatic-hidráulica, y S.M.), miden 25 x 15 x 5 cms. Las hiladas se colocan en corona siguiendo la inclinación sobre la horizontal inferior a 10° y 15° de los radios correspondientes a la esfera; se disminuye así, la tendencia al deslizamiento de los bloques *(fig. 322A)*

En cada hilada los bloques se encuentran ligeramente desplazados (10) con relación a los radios de la corona *(fig. 322B).* La componente del peso (P), que provoca el deslizamiento se anula por las fuerzas de rozamiento en la parte baja y a

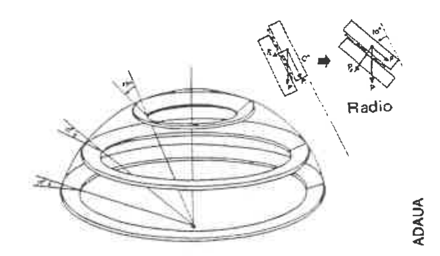


FIGURA 322: CONSTRUCCION DE CUPULAS SIN ENCOFRADO
FIGURA 322A

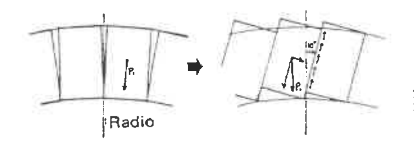


FIGURA 322B

los lados de los bloques. Esta disposición de los bloques debe ser corregida por el intermedio de piezas trapezoidales en dovelas: las "claves" *(fig. 322C)*.

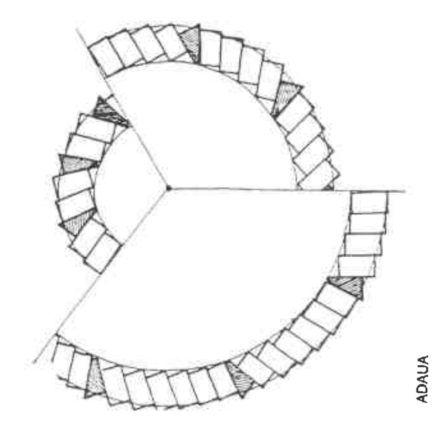


FIGURA 322C

Un "traza-domos" o compás móvil de la esfera indica la posición de cada bloque, (voladizo máximo hacia el interior del domo), así como la inclinación de los bloques *(fig. 323A)*.

La construcción de una pechina requiere de dos horas y media de trabajo. La cúpula se construye por partes de 7 a 5 hiladas que se deian secar *(fig. 323B)*.

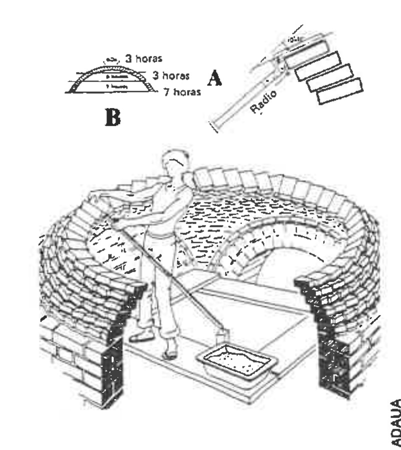
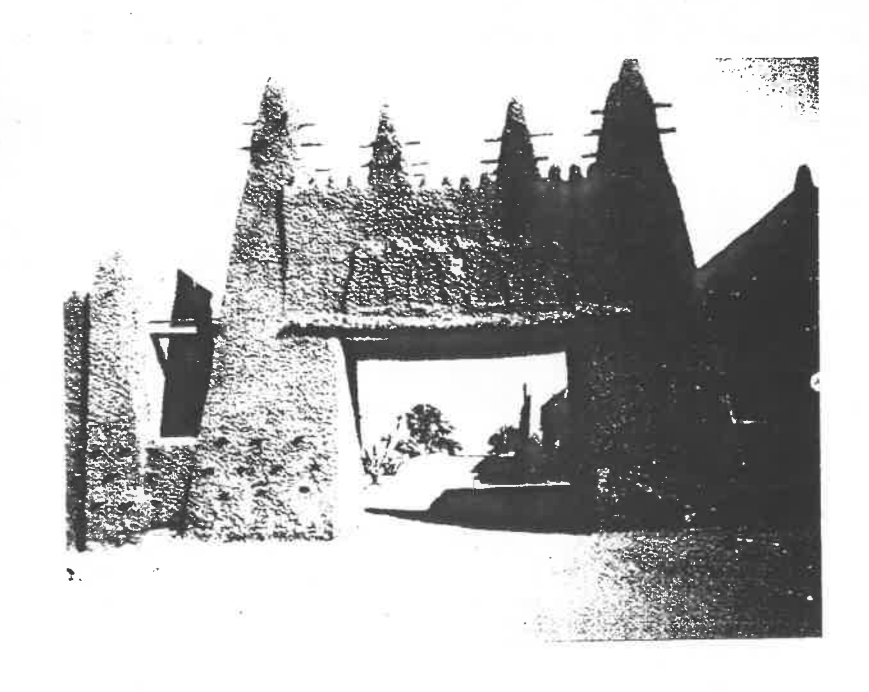
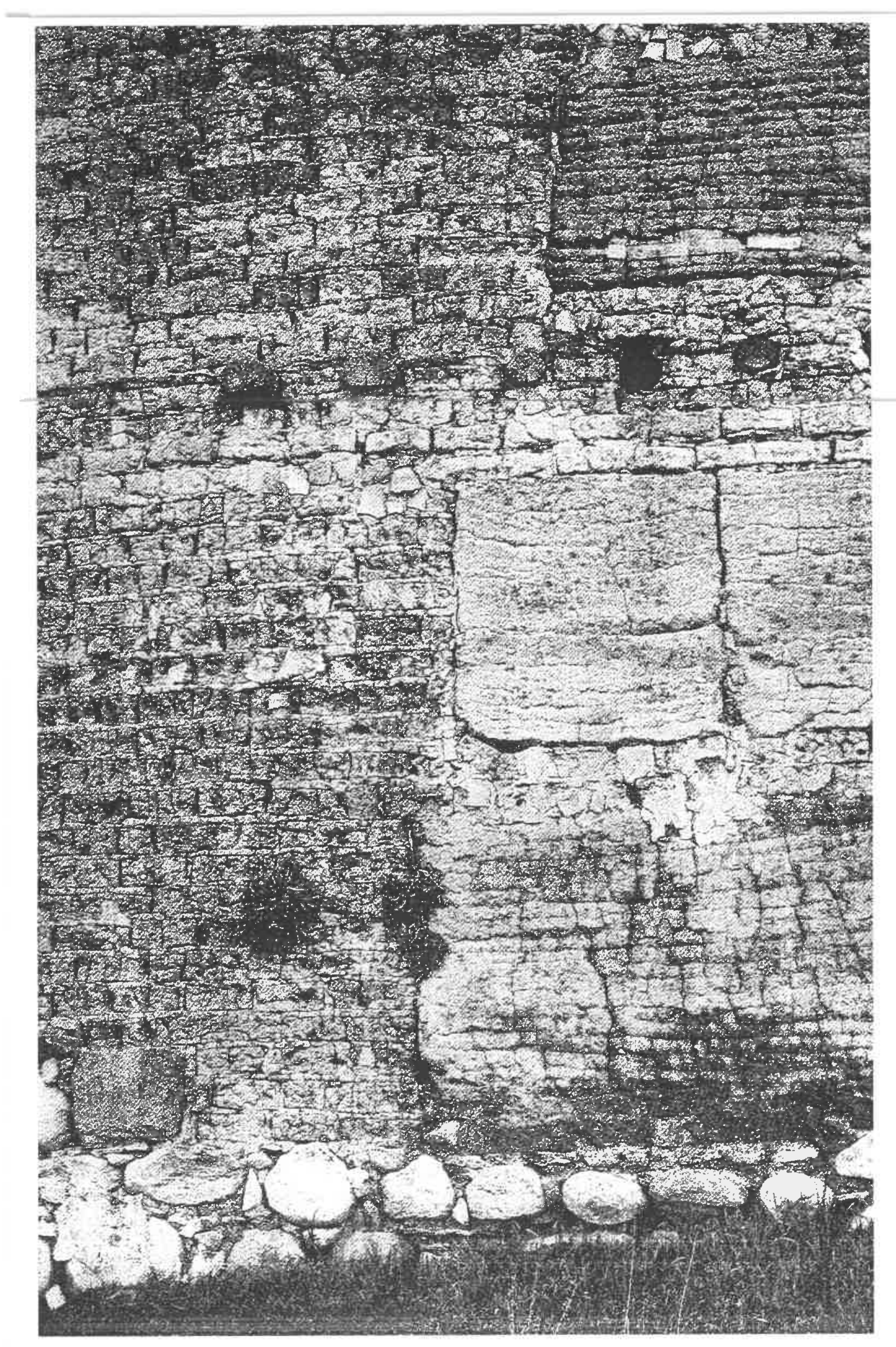


FIGURA 323: CONSTRUCCION DE UNA CUPULA SIN CIMBRA

Pañetes y pinturas





10 Pañetes y pinturas

¿Los pañetes que se aplican sobre las casas con tierra, son diferentes a los utilizados en otras construcciones? ¿Teniendo en cuenta las dificultades encontradas, se puede justificar la colocación de pañetes en estas construcciones? ¿Si es así, cuáles son sus componentes y cómo se les adhiere a los muros?

Las pinturas pueden ser aplicadas sobre un pañete o directamente sobre la mampostería, si ésta ha sido ejecutada cuidadosamente. La superficie a pañetar o pintar debe estar limpia y libre de polvo. Los muros expuestos intensamente al calor o al sol no deben pintarse.

Hay productos naturales y químicos que al mismo tiempo de actuar como estabilizantes proveen de color a la superficie del muro. Existen también las pinturas industriales de las que nos ocuparemos posteriormente.

Los pañetes

1) Las construcciones con tierra. ¿Deben pañetarse?

Hay numerosas casas de tierra no pañetadas. En regiones con clima húmedo (Vendèe, Dauphinè, Ecosse), no todas las construcciones se encuentran pañetadas. El pañete puede ser colocado en dos capas; o sólo en una, denominado pañete sencillo. El precio del pañete oscila entre 50 a 70 FF el m^2 (1978) este incluye de 80 a 90% de mano de obra especializada.

Nosotros sabemos, por otra parte, que los pañetes de las casas de tierra no son siempre durables. Estas observaciones nos conducen a la pregunta que se refiere a la necesidad del pañete.

Es posible obviar la colocación del pañete y realizar así, una economía, a condición de prestar atención a los siguientes puntos:

— Protección contra la acción de la lluvia, bien sea en construcciones de baja altura, protegidas por aleros amplios.
— Aspecto exterior cuidadoso: Se

obtiene con la tierra apisonada colocando rigurosamente las formaletas, llenando con regularidad las juntas y simplificando los detalles (ángulos, sobresalientes). En la mampostería con bloques de tierra, las juntas deben ser regulares. Ellas se realizan más fácilmente con bloques grandes.

— Mayor estabilización en algunos muros, por ejemplo los expuestos a golpes.

— Mayor estabilización para el exterior de los muros. Esta es una práctica corriente en la construcción con tapia pisada. Sobre un ancho de 10 cms., se llena con tierra estabilizada el lado exterior de la formaleta. El volumen que resta se llena con tierra corriente. Se apisona para así, obtener un "pañete integral" *(fig. 325)*. Otro sistema consiste en incorporar sucesivamente a cada 15 cm capas de tierra estabilizada a lo largo del encofrado exterior formando bandas de un material más resistente.

Al utilizar un pañete se deben conocer las diferentes funciones de éste, por sus diversas propiedades:

- mejorar el aspecto del muro al cubrir los defectos;
- protección a la acción de la lluvia e impermeabilización;
- protección a los golpes y rozamientos;
- mejora del aspecto exterior con la aplicación de colores;
- mejora del aislamiento térmico (pañetes livianos o aligerados).

2) Principios

Las diversas capas de un pañete tienen diferente resistencia. En general, la dosificación del ligante va decreciendo a partir del soporte.

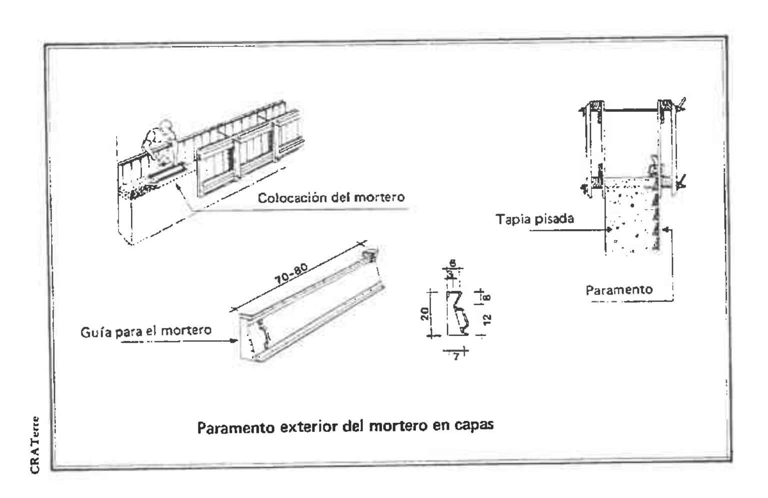


FIGURA 325: PARAMENTO EXTERIOR CON CAPAS DE MORTERO

La primera capa no debe ser más resistente que el soporte; las siguientes deben ser de menor resistencia que la precedente. Las capas de esta forma, son cada vez más porosas y permeables al aire. Un pañete muy fuerte que resiste a los movimientos del muro (hinchamiento, contracción, asentamiento) se desprende y se fisura. Un muro con tierra tendrá entonces, un pañete con tierra y un muro con tierra estabilizada.

3) Diferentes pañetes, recetas

En los últimos diez años, se han hecho investigaciones sistemáticas a gran escala. El siguiente texto está basado en la experiencia de cuatro programas:

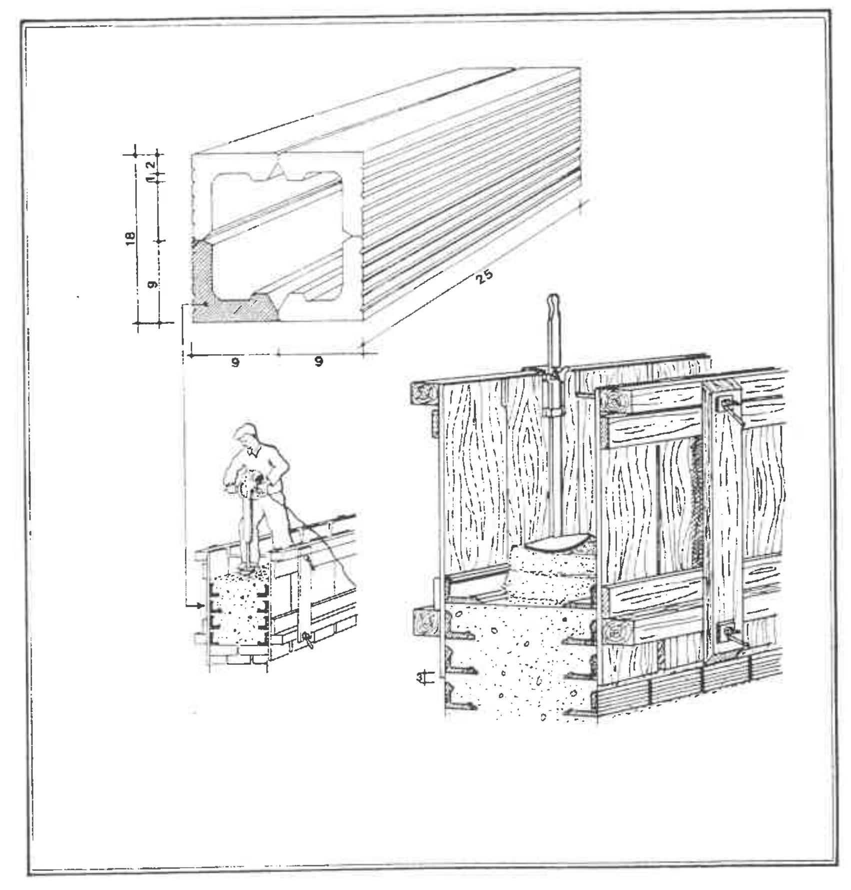


FIGURA 326: PARAMENTO EXTERIOR CON BLOQUES

* 1. Estación experimental agrícola, Colegio estatal en Dakota del Sur (U.S.A.), iniciado en 1932
* 2. CSIRO, Sidney, (Australia), iniciado en 1952
* 3. Laboratorio nacional de edificaciones y obras públicas, Dakar, (Senegal), iniciado en 1954
* 4. Laboratorio nacional de obras públicas, Brazzaville (Congo), iniciado en 1955

Los pañetes realizados a partir de tierra contienen 50% menos de arcilla que la del muro. Deben ser entonces más ricos en arena para evitar las fisuras.

Los pañetes con cal son más plásticos que aquellos estabilizados con cemento. Aquellos tienden a "porcelanizarse" y son más impermeables.

PAÑETE DE TIERRA (DAGGA)

Se utiliza la misma tierra que para el muro con un poco más de arena; se puede estabilizar con productos naturales por ejemplo las fibras vegetales.

PAÑETE DE TIERRA CON CEMENTO

Se toma una parte de cemento por diez de tierra. Se utiliza en muros estabilizados con cemento.

PAÑETE DE TIERRA CON CAL

Se mezcla una parte de cal (cal grasa preferiblemente) por 5 a 10 partes de tierra. Este pañete se emplea en muros estabilizados con cal o con cemento. Se puede añadir una cuarta parte de cemento.

PAÑETE DE ARENA Y CEMENTO CON CAL (pañete "batard")

Se usa como un pañete para mampostería ordinaria de 200 a 500 kg de ligante por m^3 de arena seca. La relación cemento/cal varía de 1/3 a 1. Para este pañete muy "resistente", es necesario utilizar un sistema mecánico para la adherencia, como los descritos más adelante.

PAÑETE CON PUZOLANA

Se utiliza sobre los muros estabilizados con cemento, cal o puzolana.

PAÑETE CON YESO

El yeso, compatible con los muros de tierra, conviene aplicarlo sobre un pañete base reforzado con fibras por ejemplo (paja). Es utilizado corrientemente para el exterior, pero no debe colocarse puro. Se usa agregándole cal grasa apagada, que lo vuelve más duro y resistente al agua. La primera capa se compone de una parte de yeso, de 0,75 a una parte de arena (0,5 mm) y de 0,10 a 0,15 partes de cal grasa apagada. La segunda tiene la misma composición, pero sin arena. Una solución, de fluosilicato pulverizado sobre el muro algunos días después mejora la impermeabilidad del pañete.

PAÑETE REFORZADO CON FIBRAS

Los pañetes pueden ser reforzados con fibras naturales o artificiales (fibra de vidrio, polipropileno). Aumentan la resistencia del pañete a los golpes y al deterioro, reducen la aparición de micro fisuras. Por m^3 de tierra se agrega, generalmente, 20 a 30 kg de fibras.

PAÑETES LIVIANOS

Estos pañetes de preparación industrial, están compuestos por una mezcla de cemento, cal, granulados livianos y ciertas sustancias (hidrófobos y arrastradores de aire). Son flexibles y aislantes, pero requieren de un sistema especial para la adherencia.

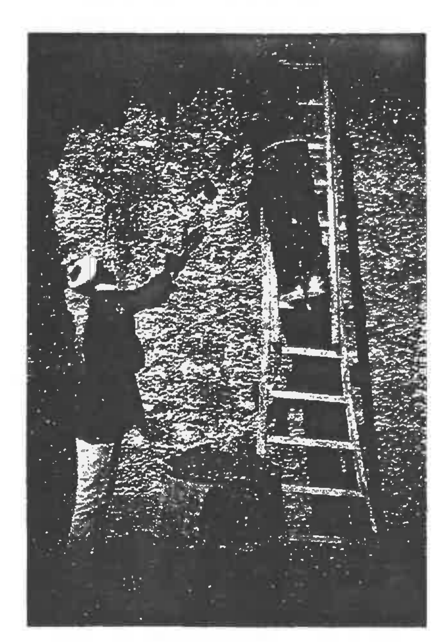


FIGURA 327: PAÑETE EN BOLAS DE TIERRA PROYECTADA.

BOLAS
(fig. 327 y 328)

Bolas de tierra de 5 a 7 centímetros de diámetro son arrojadas con fuerza hacia el muro, en donde ellas se aplastan al adherirse. El muro, es entonces recubierto por semi-esferas de 10 cms. que son dinámica-



FIGURA 328: DETALLE DE LAS BOLAS DE TIERRA EN UN PAÑETE

mente compactadas. La contracción se produce entre las bolas, es decir en los lugares protegidos del agua. La superficie irregular del revestimiento impide los deterioros que se pueden producir por la acción de la lluvia.

OTROS PAÑETES

Hay otros tipos de pañete, algunos de asfalto, que han sido ensayados, pero no han presentado resultados satisfactorios.

4) Preparación del muro

El pañete debe ser aplicado sobre muros secos y estables. La preparación de los muros se realiza según los siguientes procedimientos:

ELIMINACION DEL POLVO

Esta se realiza con un cepillo duro o metálico. Se comienza por la parte superior del muro y hacia el sitio de donde viene el viento en el momento de ejecutar esta operación. Se realiza luego de cada una de las otras preparaciones.

RASPADURA

Con un rastrillo se raspa la superficie del muro en diferentes direcciones cruzadas sin desgastar la masa del material.

BURILADO

Con un buril de mampostero o con un buril neumático de cincel ancho y dentado, se procede a grabar el muro. Esta operación es larga, pero proporciona a la superficie una compactación suplementaria.

CAPA BASE CON HUECOS

Sobre la superficie raspada y desprovista de polvo se aplica una primera capa líquida. Cuando está casi seca, se aplica una segunda capa más consistente reforzada con fibras de 1,5 cms. de espesor. Sobre esta segunda capa se hacen con una herramienta apropiada *(fig. 329)*, huecos oblícuos de 2 cms. de diámetro separados por 7 cms. El acabado, entonces, puede contener mayor proporción de estabilizante.

CLAVOS EMPOTRADOS

En huecos cónicos de 4 cms. se empotran clavos hasta la superficie del muro. O bien, sobre una primera capa de 7 mm se empotran cada 12 cms. clavos galvanizados de cabeza grande y de 9 cms. Estos clavos se colocan en desorden para evitar las fisuras continuas.

RED DE ALAMBRE

Cada 20 cm. se empotra un clavo de 7 a 10 cms. que sobresalga de la superficie exterior del muro 5 a 8 mm. Posteriormente se unen estos clavos con un alambre de hierro galvanizado de 0,5 a 0,7 mm hasta formar una especie de red.

MALLA

Una malla galvanizada de forma hexagonal de 5 cms. se fija sobre el muro por medio de ganchos de 7 cms. Se puede también utilizar



FIGURA 329: ADHERENCIA DE UN PAÑETE

mallas, enrejados para cielorasos o metal de desecho.

DESECHOS CERAMICOS

Al elevar muros con tapia pisada, se puede, durante el apisonado introducir desechos cerámicos cada 15 cms. a lo largo del encofrado. Luego del secado, se raspa la tierra alrededor de estas piezas cerámicas donde se adherirá posteriormente el pañete.

JUNTAS RASPADAS

Las juntas de muros con bloques deben ser cuidadosamente raspadas en una profundidad de 2 cms.

BLOQUES HUECOS

Los aparejos en los bloques huecos se realizan de tal manera que estos queden al exterior del muro para permitir la adherencia del pañete.

ELEMENTOS DE MADERA

Los elementos de madera (dinteles, amarres, etc.) que vayan a ser pañetados se recubren con un papel "kraft" clavado. Se coloca, enseguida una malla clavada al muro sobresaliendo 20 cm.

Como conclusión es importante resaltar que es mejor otorgar mayor importancia al sistema para la adherencia que a la composición del pañete.

5) Aplicación del pañete

PRECAUCIONES

Los pañetes no deben aplicarse en tiempo muy frío (inferior a 5°C)

SISTEMAS PARA LA ADHERENCIA DE LOS PAÑETES			
Procedimiento	**Técnica**	**Observaciones**	**Eficiencia del Procedimiento**
raspadura	tapia pisada	a realizar sistemáticamente	malo
burilado	tapia pisada	dispendioso	malo
capa base con huecos	tapia pisada	para pañetes estabilizados sobre muros no estabilizados	muy bueno
clavos empotrados	tapia pisada adobe	dispendioso	regular
red de alambre	todos	costoso; a usar en muros débiles	muy bueno
malla	todos	muy costoso; a usar en soportes débiles	excelente
desechos cerámicos	tapia pisada	deben estar bien empotrados	bueno
juntas raspadas	adobe bloques prensados	mayor eficiencia con bloques pequeños	muy bueno
bloques huecos	bloques prensados	bloques especiales	bueno

ni en época de mucho calor (más de 30° C).

- Evitar el sol y los vientos violentos.
- Humedecer el muro antes de aplicar la capa base.
- Ejecutar juntas horizontales o verticales para obtener áreas de 10 a 20 m^2 sin continuidad.
- Terminar una fachada en una sola jornada.
- Realizar cuidadosamente los filos y los vanos de puertas y ventanas.
- No aplicar los pañetes sobre los zócalos y las partes horizontales.
- Evitar un secamiento muy rápido del pañete.

EJECUCION

Tradicionalmente, el pañete comprende tres capas, cada una de las cuales tiene una función específica:

a) capa base o de adherencia:
sobre un soporte bien preparado, un mortero bastante fluído se arroja enérgicamente con un palustre. Esta capa debe asegurar la adherencia entre el muro y el llamado cuerpo del pañete. Su espesor varía de 2 a 4mm; no es necesario preocuparse especialmente por lo plano, el soporte debe estar "rugoso".

b) el pañete:
se aplica dos a ocho días después

de la colocación de la capa base en una o dos capas para obtener un espesor de 8 a 20 mm. Esta capa resistente e impermeable se nivela con una boquillera. Luego de un tiempo de fraguado se llana para mejorar la compacidad y cerrar las microfisuras. Finalmente se estría con el palustre o se cepilla con el objeto de mejorar la adherencia de la siguiente capa.

c) acabado:
esta es una capa de 3 a 6 mm, se puede aplicar de diferentes formas, según los efectos deseados:

– Se puede dejar en forma granulosa (pañete tirolés).
– Se puede trabajarla antes del endurecimiento: pañete rápido, llanado, cepillado, estriado. Con decoraciones raspando algunas partes, mientras que las otras quedan lisas.
– Se puede trabajarla luego del endurecimiento: pañetes con rodillo; pulidos con asperón...

TECNICAS PARA LA APLICACION

El rendimiento promedio de un obrero especializado aplicándolo con la mano es de 10 a 20 m^2 por día. Este se puede mejorar con la utilización de diferentes procedimientos mecánicos:

– **tirolés**: esta es una caja metálica dentro de la cual gira una escobilla accionada con la mano que arroja el mortero;

– **pistola neumática con embudo**: el mortero es colocado en un embudo, en cuya base una pistola sostenida con la mano arroja el pañete. La pistola es accionada por un compresor neumático.

– **mezclador y propulsor de pañete**: estas máquinas mezclan el pañete que es enseguida enviado por presión a través de tubos flexibles hasta la boca de manga del propulsor. Pueden bombear a alturas de 30 m y a distancias de 70 m. Su rendimiento varía de 80 a 120 m^2 por hora para el pañete propiamente dicho, Un equipo de 3 a 4 hombres ejecuta 150 m^2 de pañete por día.

6) Estabilizantes

Los tres estabilizantes convencionales, el cemento, la cal y el asfalto pueden ser utilizados. En general, se emplea una dosificación similar a la de los muros. Si se usa un pañete más estabilizado se debe mejorar o implementar un sistema de adherencia eficiente.

PRODUCTOS NATURALES

Mencionaremos una serie de estabilizantes empleados en diferentes regiones. Estos productos no han sido objeto de una investigación sistemática en cuanto a su duración, pero sin embargo su importancia radica en cuanto que son materiales disponibles localmente:

• **Agave**: Es una planta mexicana de cuyo zumo se preparan bebidas alcohólicas o un estabilizante...

• **Manteca de Karité**: Es una especie de grasa vegetal que recibe, al-

gunas veces el nombre de Manteca de Golam. Se extrae de la almendra comestible del fruto del Karité, árbol del Africa Tropical (familia de las Sapotáceas). Un árbol adulto provee alrededor de 3,5 kg de almendras por año. Se colocan en agua hirviendo las almendras trituradas para proceder a recoger el aceite que flota. Se solidifica a los 37°C formando la manteca de Karité. La utilización de un producto comestible para la estabilización de la tierra es probablemente un despilfarro, pero se pueden obtener los desechos. Se emplea generalmente asociada con la goma arábiga.

• **Boñiga de vaca:** Se la emplea como ligante para reforzar la cohesión del pañete.

• **Cactus optuntia:** Son plantas carnosas parecidas a las tunas. Su zumo es tóxico.

• **Harina:** 15 kilos de harina se hacen hervir en 220 litros de agua hasta obtener una pasta que es enseguida mezclada con la tierra.

• **Latex de euforbio:** Son plantas herbáceas leñosas (familia de las euforbiáceas) que contienen un látex blanco. Este es un antiséptico muy fuerte, y el contacto con los ojos es peligroso; puede producir ceguera durante dos o tres días, su eficiencia como estabilizante es dudosa.

• **Néré:** Se emplea el zumo rojo profundo que se obtiene por la decocción del polvo contenido en las frutas en el mes de julio.

• **Jabón de Peulh:** Es caseína diluída y batida como una pasta, se parece a la goma de la madera. Es conveniente mezclarla cuidadosamente con polvo de ladrillo antes de agregarla a la tierra.

Para finalizar conviene mencionar que la orina de ganado se emplea algunas veces, asociada con fibras.

Las pinturas

El enlucido y el zumo del plátano tropical son dos pinturas que merecen atención, especialmente por la relación eficiencia/costo.

1) El Enlucido

Es probablemente, la pintura más apropiada para los muros de tierra, no es costosa ni sofisticada. Refleja los rayos solares y es antiséptica, resiste al álcalis y a la exudación del asfalto. Sin embargo, por su poca durabilidad, requiere de otras sustancias para mejorar la resistencia a la intemperie. Aplicada por pulverización o con cepillos se adhiere fácilmente. Es necesario, en general, enlucir la superficie dos veces al año: antes del otoño y después del invierno o antes y después de los períodos de lluvia.

En la página siguiente aparece un cuadro con 12 recetas para el enlucido.

2) Zumo de plátano tropical

Los tallos y las hojas del plátano cortadas en pequeños pedazos se ponen a cocinar en agua, revol-

DOCE PREPARACIONES PARA EL ENLUCIDO

MEZCLAS

PRODUCTO	Unidad	Disolver previamente en	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cal viva	kg		20	20	20	20	20				20			
Cal hidratada	kg							20	20	20		20	20	20
Agua	l		47	40	40	49	40	24	24	52	40	50	50	40
Sebo	kg	Agua caliente	2											
Sal morena	kg			5	0,6	0,8						1	2	
Cemento Portland	kg			2										10à20
Sulfato zinc	g	3,2 l de agua			320									
Leche descremada	l				6,5									
Harina de centeno	g	1,6 l + 6,5 l de agua				800								
Cola animal	kg	10 l de agua hirviendo					1,4							
Cola caseina	kg	8 l de agua caliente							2					
Trisodio fosfato :e	kg	4 l de agua							1,2					
Formaldehido	l	12 l de agua							1,5					
Alumbre	kg	De agua hirviendo								0,15	1	0,45	0,45	
Aceite de linaza	l									0,8				
Melaza	l											6,2		

viendo constantemente. Cuando el líquido adquiere una consistencia espesa, se tamiza; para ser utilizado de esta forma o mezclado con laterita. Esta pintura dura de uno a tres años con alta resistencia a la acción de la lluvia.

3) Pinturas industriales

• **Pintura al temple:** Se aplica sobre todos los muros, con excepción de aquellos que son friables. Debe levantarse completamente cuando se aplica otra pintura.

• **Pintura con silicona:** No ofrece buenos resultados.

• **Pintura con látex:** Es muy eficaz aplicada sobre tierra estabilizada con cemento.

• **Pintura con cemento;** Aplicada sobre muros estabilizados con cemento ella puede durar de ocho a diez años.

• **Pintura de aceite:** Se debe aplicar una primera capa para neutralizar la alcalinidad del muro y eliminar las exudaciones del asfalto.

• **Pintura con base de asfalto:** Es aconsejable aplicar una pintura de aluminio con base de asfalto sobre los muros estabilizados con asfalto.

• **Pintura con base de resina:** La mayoría de las veces eficiente.

• **Cut-backs:** Se puede aplicar directamente sobre los muros que se vuelven grises o negros.

4) Los productos químicos

Pueden ser aplicados como pinturas los estabilizantes químicos, utilizados habitualmente para el tratamiento de los muros o de los pañetes. Se reviste la superficie de los muros, en lugar de mezclarlos con la tierra. Estos productos estabilizan la superficie sin penetrar en el muro propiamente dicho.

• **Silicato de sodio:** se extiende con una brocha, una parte de silicato de sodio (40° Baumé) en una solución de tres partes de agua. Se aplica en dos capas.

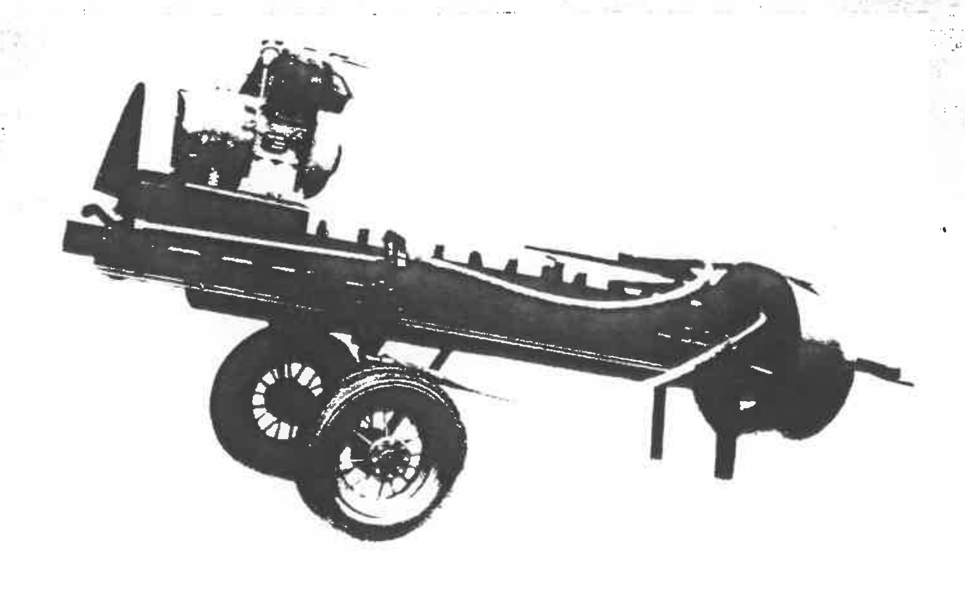
• **Parafina:** la parafina diluída se extiende a una temperatura superior a los 21°C.

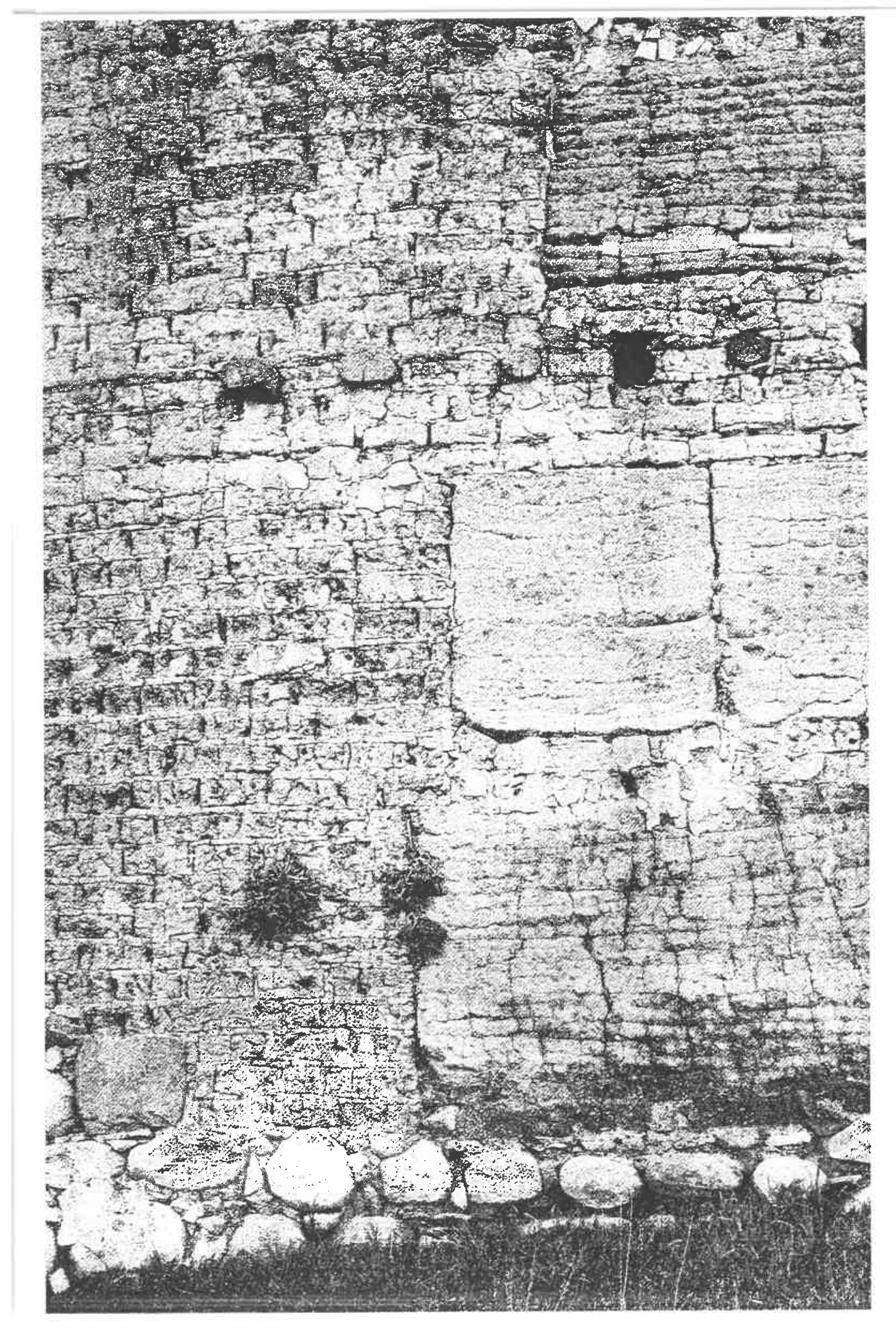
• **Hidrófobos:** estos son productos con base de silicona: HYDROSOL, SECO SEAL, CONSIL, CONSERVADO 5.
Son productos costosos y de bajo rendimiento.

5) Los productos naturales

Los estabilizantes naturales utilizados en los pañetes pueden ser empleados como pinturas. A la lista de los productos anteriormente mencionados, podemos agregar, la goma de queso blanco y el jabón para la ropa. Este último se prepara haciendo disolver el jabón en ácido esteárico en 15 litros de agua; al que se le añade, para obtener la pintura cemento y arena en las siguientes proporciones: ácido (11 partes): cemento (2 partes): arena (2 partes).

Las mezcladoras





11 Las mezcladoras

En este capítulo mencionamos algunas mezcladoras que pueden ser utilizadas para la preparación de la tierra. Están clasificadas en seis tipos con sus respectivas características y los datos del fabricante.

El hormigón de tierra, estabilizado o nó, se comporta de manera diferente que el hormigón de cemento convencional; aquel posee una cohesión intrínseca importante que el hormigón ordinario no posee. Una parte del material a mezclar,el material arcilloso, tiene un contenido de agua no despreciable que dificulta la homogenización y especialmente la mezcla íntima de la tierra con el estabilizante.

No deben ser empleadas las mezcladoras convencionales: la hormigonera de tambor horizontal y la hormigonera de tambor rotatorio inclinable. Ellas pueden ser utilizadas, eventualmente, para el adobe, luego de un período de "descomposición" suficiente.

Características

1. Eje de rotación

Las mezcladoras están divididas en dos grandes familias con principios fundamentalmente diferentes. La calidad del mezclado es, sin embargo, satisfactoria en ambos casos.

MEZCLADORAS CON EJE ROTATORIO VERTICAL

El mezclado se ejecuta en un plano horizontal, mientras que el eje de rotación del mecanismo de mezclado es vertical. El recipiente es un cilindro cuyo diámetro se encuentra en el plano de sentido horizontal.

MEZCLADORAS CON EJE ROTATORIO HORIZONTAL

En este caso, el mezclado se realiza en un recipiente o en un cilindro deformado e inclinado cuyo diáme-

1	2	3	4	5	6	7
					APLICACION IDEAL	
EJE DE ROTACION	MEZCLADO	TIPO	VOLUMEN (L)	Rendimiento diario de tierra moldeada	Consistencia de la tierra	Estabilizante
MEZCLADORAS CON EJE ROTATORIO VERTICAL	PALETAS	(1) TURBO-MEZCLADOR	250/180 a 3000/2500	12.5 a 100	SECO	Cemento Cal Asfalto Fibras
		(2) MEZCLADOR VERTICAL	250/180	12.5	PLASTICO LIQUIDO	Asfalto Fibras
	MUELAS	(3) MEZCLADOR DE MUELAS	80	7	PLASTICO LIQUIDO	Asfalto Fibras
MEZCLADORAS CON EJE ROTATORIO HORIZONTAL	PALETAS	(4) MEZCLADOR HORIZONTAL CON PALETAS	200/130 a 350/230	8 a 19	SECO PLASTICO LIQUIDO	Cemento Cal Asfalto Fibras
	DIRECTRIZ HELICOIDAL	(5) MEZCLADOR LINEAL		16 a 50	HUMEDO	Asfalto Fibras
	FRESA	(6) MOTOCULTIVADOR DE FRESA			SECO	Cemento Cal Fibras

FIGURA 330: MEZCLADORAS A UTILIZAR DURANTE LA PREPARACION DE LA TIERRA

tro se encuentra en un eje de sentido vertical. El mecanismo de mezclado, es accionado por un eje que se encuentra en un plano horizontal.

2. Sistema de mezclado

PALETAS

Las paletas de formas y dimensiones variadas según el tamaño del recipiente, están accionadas por brazos ligados al eje de rotación. Tienen diferentes inclinaciones para obtener un máximo movimiento del material a mezclar. Fabricadas en acero resistente son intercambiables. Algunas de estas paletas deben raspar el fondo y las paredes del recipiente con el objeto de limpiarlo completamente en cada descarga. Los brazos que accionan estas paletas están provistos de un sistema de suspensión, con el objeto de evitar bloqueos o sobrecargas al motor.

MUELAS

Las muelas, que pueden ser pesadas, giran en el fondo del recipiente con el objeto de amasar el material hasta obtener una sustancia homogénea. Un sistema secundario de paletas arroja el material por debajo de las muelas evitando así la disgregación del material.

DIRECTRIZ HELICOIDAL

Sobre el eje rotativo se encuentran soldadas las paletas que se prolongan de este hasta algunos milímetros de las paredes del recipiente. Este conjunto conforma una rosca de Arquímedes interrumpida. Algunas veces, ciertas paletas son colocadas en sentido contrario con el objeto de aminorar el movimiento del material.

FRESAS (sobre motocultivador)

Las fresas con cuatro dientes, montadas sobre un eje horizontal, penetran en el suelo por el peso del aparato.

3. Tipo

Los fabricantes han clasificado, bajo diversos nombres las mezcladoras para su identificación. Estos son diferentes algunas veces, a pesar, que los sistemas sean casi idénticos.

4. Volumen clásico

El volumen se expresa en litros. **La primera cifra** indica el volumen de agregados que se pueden cargar en la mezcladora.

La segunda expresa el volumen de hormigón que sale de la mezcladora o, el volumen de hormigón colocado en obra y vibrado. En el primer caso, la relación es de 1,33, y en el segundo es de 1,50. Estas cifras son aproximadas. El volumen de tierra cargado puede ser el mismo, pero para el hormigón de tierra el volumen colocado en obra tiene una relación de 1,70. Por ejemplo: una mezcladora con una capacidad de carga de 500 L producirá 375 L de hormigón, 333 L de hormigón vibrado, 294 L de tierra colocada en obra.

5. Rendimiento diario

Los rendimientos varían altamente, en función del ritmo de alimentación de la mezcladora y del estado de consistencia del material a trabajar (seco, plástico, húmedo). Con los tipos (1) turbomezclador y (2) mezclador vertical se obtiene el rendimiento diario aproximado al dividir el volumen cargado por 20. Por ejemplo una mezcladora de 750/500 L tiene un rendimiento diario aproximado de 37,5/25m^3.

6. Aplicación ideal según la consistencia de la tierra

SECA

La tierra tiene consistencia como de una pasta seca, cuando ella se parece a la sémola del alcuzcuz (contenido de agua óptimo Proctor: 14%.

PLASTICA

En estado plástico la mezcla tiene la consistencia de una pasta de hojaldre (contenido de agua: Wp).

LIQUIDA

La pasta está líquida, cuando la mezcla obtenida corresponde a la consistencia del adobe fresco, es decir, cuando el material conserva enseguida del desmolde su forma como un puré espeso (contenido de agua > Wp).

Modelos de mezcladoras

Numerosos modelos de mezcladoras están comercializados. Señalaremos las direcciones de los fabricantes para los cinco tipos que hemos expuesto, estos son los más conocidos y solicitados. El precio, no aparece, ya que este también depende de la infraestructura requerida. Cuando se trata de presupuestos limitados, se puede, sin embargo, formarse una idea del precio de la mezcladora sencilla con el sistema de la volqueta de la siguiente manera: multiplicando la cifra que expresa la capacidad de la mezcladora por 180 FF*.

Ejemplo: una mezcladora 750/500 cuesta alrededor de:

750 x 180 FF = 135.000 FF (F.O.B.*).

1. Turbo mezclador

Los turbomezcladores, muy clásicos, son producidos por numerosos fabricantes. Hay modelos de acción concéntrica y con acción forzada. Algunos poseen un recipiente rotativo, aunque en general, este es fijo, El descargue se realiza por una escotilla central o lateral.

Estas mezcladoras, están dotadas generalmente de motores eléctricos. Algunos fabricantes equipan los modelos de 350 litros o más con un motor diesel *(fig. 331)*.

Fabricante: Rock (Francia) — Route de Saint-Pierre - 07200 Aubenas

* Colocado en el puerto, listo al embarque.

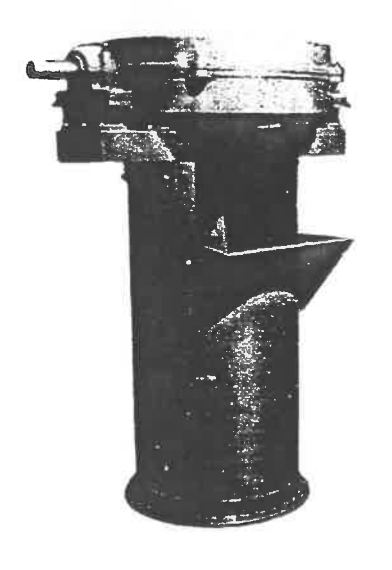


Rock

FIGURA 331

2. Mezclador vertical

Este tipo es, particularmente, adaptable para la fabricación de adobes.. Puede ser manual o mecánico *(fig. 332)*



Villers Pervin

FIGURA 332

Fabricante: Talleres de Villers Perrin (Bélgica), 210, rue Emile Gossieux.

3. Mezclador de muelas

Para la fabricación de adobes, con moldeado a la mano, estos mezcladores son ideales *(fig. 333)*

Fabricante: LINER (Inglaterra), B. P.O. Box 12 Park Road Gateshead NEEB 344



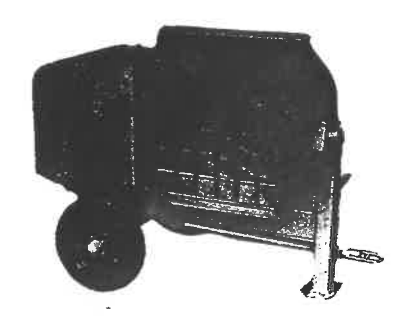
Liner

FIGURA 333

4. Mezclador horizontal de paletas

Estos son los mezcladores de más fácil manipulación y los más prácticos. Uno de este tipo está montado en la prensa CLU 2.000 *(fig. 334)*

Fabricante: MULLER Machinery Company (U.S.A.) Netighen - New Jersey 08840



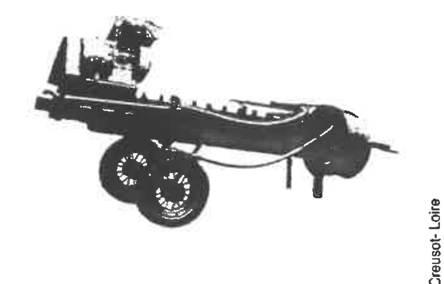
Muller

FIGURA 334

5. Mezclador lineal

Tienen un rendimiento continuo; un sistema sincronizado permite, agregarle automáticamente la cantidad de agua y asfalto necesaria (fig. 335)

Fabricante: CREUSOT-LOIRE (Francia) División Ermont 16, rue Chauveau Lagache - 75383 Paris.



Creusot- Loire

FIGURA 335

6. Mezclador motocultivador de fresas

Ha sido empleado en la R.D.A., aunque no fue diseñado como mezcladora es fácilmente adaptable para el mezclado de tierras secas. La manipulación es mínima, ya que el material se trabaja en el sitio. Realiza una operación más rápida y profunda que la ejecutada con un mezclado manual.





FIGURA 336

LO NUEVO EN EL CRATERRE

Fundado en 1979 por los cinco co-autores de "Construire en Terre", el CRATerre actualmente tiene tres campos de actividad principales:

- INVESTIGACION: El CRATerre, además de realizar la investigación fundamental se dedica, especialmente, a conocer lo

que hacen, han hecho y harán, los laboratorios y organismos especializados.

• FORMACION: Dentro del contexto de la promoción de la construcción con tierra, la formación constituye una fase esencial. En coordinación con la Escuela de Arquitectura de Grenoble, el CRAterre ha perfeccionado una formación adaptada a los diferentes niveles, desde el personal de obra al planificador. La duración de los ciclos de formación varía de 2 días a 6 semanas. Un curso con una duración de 6 meses se está preparando.

• APLICACION: La investigación y la formación serían estériles sin la aplicación, así como, esta sin formación ni investigación está condenada al fracaso. El CRAterre interviene en trabajos de campo, diseña y dirige proyectos, y aporta la asistencia técnica.

Hay actualmente dos asociaciones hermanas, pero geográficamente alejadas que realizan actividades independientes: CRAterre y CRAterre Perú.

CRAterre

• Investigaciones históricas y técnicas, así como la normatización de pruebas, análisis y ensayos.

• Redacción de manuales para diferentes comanditarios:
— Recomendaciones para el diseño.
— Investigación exploratoria.
— Manual para la construcción con tierra.
— Protección del material tierra.

• Cursos de formación profesional en Grenoble, Bélgica, Senegal, México...

• Asistencia técnica en proyectos:
— Proyecto de construcción de 63 viviendas de tipo social (H.L.M.) en tierra, en Isle d'Abeau (Isére).
— Montaje, puesta en marcha y seguimiento de 25 bloqueras, construcción de 8 viviendas de tipo social y asistencia para la construcción de 350 viviendas por año con tierra para obreros, artesanos y autoconstructores — con la S.I.M. de Mayotte.
—Asistencia técnica a los profesionales de la construcción, productores de material, constructores y arquitectos en Europa y Africa.

CRAterre Perú

• Investigación sobre sistemas constructivos sismo-resistentes.

• Diseño, montaje y puesta en marcha de un laboratorio de investigación, análisis y pruebas.

• Montaje de un taller para la fabricación de material.

• Perfeccionamiento de una prensa manual.

• Formación profesional en el medio rural.

• Construcción de silos, puestos y centros de salud, centros de asistencia social, cobertizos.

Documentos especializados

• Bibliografía de más de 3.000 obras.

• Biblioteca con más de 1.000 obras.

• Más de 10.000 diapositivas conteniendo 15 técnicas de construcción con tierra, edificaciones, proyectos y construcciones en más de 40 países.

Afiliaciones

• IAHS: Asociación Internacional para la Investigación de Vivienda (California USA).

• AGRA: Asociación de Grenoble para la Investigación Arquitectónica (Grenoble-Francia).

• REII: Instituto Internacional de la Construcción con Tierra (Colorado USA).

CRAterre
Les Rivaux
Brié et Angonnes
38320 Eybens
Grenoble - France

CRAterre Perú
Apartado Postal 399
Huancayo
Perú

ACONTECIMIENTOS RECIENTES, ACTUALES Y FUTUROS

"Des architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire". De octubre de 1981 a enero de 1982, se presentó en el CCI del centro George Pompidou, plateau Beaubourg en París una gran exposición, concebida por el arquitecto Jean Dethier. Este acontecimiento, contribuye especialmente, sin duda al reciente interés por la construcción y la arquitectura con tierra. Esta exposición ha contribuido al resurgimiento de un debate bien argumentado en el plano internacional: además del elogio del material, de su carácter histórico, plástico y estético, de una evocación de los conocimientos populares y de las probables respuestas de estas arquitecturas al despilfarro energético de las construcciones del llamado "estilo internacional", así como a las necesidades de vivienda de gran parte de la población mundial.

Programada para un itinerario mundial de cinco años, la exposición integral circula actualmente por diferentes ciudades europeas, de Francfort a Roma; para ser llevada luego al Continente Africano, Argelia, Túnez, Fez y Nairobi y volver a Bruselas, y a otras ciudades como Montreal. Al contenido original de la exposición se le anexará un desprendible técnico con informaciones especializadas que los numerosos visitantes han solicitado. Aproximadamente 80 fotografías con textos explicativos han recorrido la mayoría de las regiones de Francia, suscitando debates locales sobre el patrimonio construido, su mantenimiento y rehabilitación, y sobre el resurgimiento de las arquitecturas regionales en tierra. Esta exposición, que se les ha salido de las manos a sus promotores, ha sido un verdadero suceso. Recientemente podía estar en la frontera chino-soviética, en Taschkent, en Ubekistan ...Alrededor de este evento, que no ha cesado de difundirse, numerosos coloquios se han organizado con la presencia de conocidos expertos permitiendo un debate de alto nivel sobre los diferentes puntos de interés relacionados con los diversos y variados usos del material tierra.

RILEM (Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayo e Investigación de Materiales y Construcciones). El consejo general de la RILEM, reunido en septiembre de 1982, creó oficialmente el nuevo comité técnico 63-LBM, "Laterite-Based Materials", con el objetivo, como su título lo indica, del estudio experimental de las lateritas como materiales de construcción y a la eventual, definición de los métodos de ensayo.

Concursos nacionales e internacionales han sido convocados recientemente.
En 1981, la región Provence Cote-Cote D'azur, organiza un concurso para el diseño y construcción de un centro de investigación tecnológica, así como el de un centro de experimentación para la vivienda de bajo costo. Este proyecto localizado en área aledaña a la Escuela de Arquitectura de Marsella-Lumigny, debía responder a las expectativas de la región de Marsella de ser una vitrina de la economía y del conocimiento francés sobre la región del Maghreb. De las diferentes propuestas presentadas con adobe,bloques prensados, extrudados, tapia pisada, una de ellas debería ser escogida, para su próxima construcción.

• Concurso para la construcción de 63 viviendas de bajo costo, convocado en 1981 por EPIDA, institución encargada de la promoción y desarrollo de la nueva ciudad de Isle D'Abeau, al sur-este de Lyon.

La dirección de las obras realizada por OPAC del Isere, testimonia sobre la actitud loable de la adaptación a las tecnologías experimentales por el resurgimiento de modos de construcción olvidados. El Plan-Construcción, co-financiero del programa, confirma el éxito del experimento y la aplicación del trabajo preliminar de la investigación. El proyecto de Isle D'Abeau es demostrativo de la validez de la construcción con tierra y de un proceso constructivo técnica y económicamente confiables, tanto para los constructores como para el usuario en general. Las propuestas arquitectónicas escogidas, expresan la determinación voluntaria y actual de la adaptación energética al clima del sitio, presentando un cariz bioclimático, así como un enfoque regional y post-moderno. A pesar de algunas dificultades atribuidas a las determinantes de orden técnico y económico impuestos a los diseñadores, constructores y subcontratistas, las 63 viviendas se encuentran en proceso de construcción.

Actualmente en Marruecos se realiza un concurso nacional para la construcción con tierra de la Ciudad Universitaria de Meknes. El proyecto consta de 400 habitaciones para estudiantes y edificaciones de dos o tres pisos en tapia pisada, proceso constructivo tradicional Marroquí, cuyo testimonio lo constituye el patrimonio conformado por numerosas casbahs y ksours de los valles del Draa, Dadés y Rhérif.

La construcción con tierra, actualmente, es también patrimonio de los constructores y empresarios especializados.

• En los Estados Unidos, y particularmente en el sur-oeste (Texas, Nuevo México, Arizona, California) numerosas empresas, productores de materiales y diseñadores se dedican exclusivamente a la construcción con tierra. En Albuquerque la revista "Adobe Hoy" especializada en esta tecnología realiza investigaciones y publica las actualidades técnicas y arquitectónicas. Esta misma región concentra más de 48 empresas productoras de adobe desde el sistema artesanal al industrial. Estas producen cerca de 4.000.000 de bloques por año que abastecen el mercado de la construcción local a precios competitivos y que hacen competencia a las tecnologías del hormigón y de la madera. Nuevos barrios, el de la Luz, Tramway Road en Albuquerque, eminentemente residenciales, están construidos casi en su totalidad con adobe. La empresa Schmidt Builders, en Arizona, promociona la arquitectura solar pasiva con tapia pisada. En adelante, en los Estados Unidos, la construcción con tierra, poseerá sus propias "Uniform Building Codes" (Normas). es decir nuevas cartas de nobleza.

En Australia la empresa RAMTEC, renueva con firmeza la tradición de la construcción con tapia pisada, que en tiempos anteriores dio lugar a numerosas realizaciones, hasta principios de este siglo, así como a varias publicaciones cuyo interés y seriedad técnica son reconocidas por los especialistas, personas y entidades interesadas actualmente en la construcción con tierra.

En Francia, la empresa Tierra y Sol, el grupo córcego A Volta y el grupo tolosano Archéco, actuales promotores de la construcción con tapia pisada y bloques prensados, son emulados por otros grupos, provenientes de un movimiento de autoconstructores, que actualmente toma fuerza. Son numerosas las empresas especializadas en restauración de antiguas residencias de tapia pisada o adobe en el

departamento del Dauphiné y en el Suroeste de Francia.

Los industriales se interesan por la tierra. En este caso se trata de un fenómeno novedoso en la historia de la construcción con tierra. En algunos países, Argelia, Brasil. EE.UU., Francia, se observan grandes inversiones en investigaciones y conocimiento de este material de producción utilizable nacional e internacionalmente, así como la puesta en marcha de una red de producción industrial de materiales, bloques moldeados mecánicamente, prensados o extrudados, trituradoras, mezcladoras, prensas, unidades de producción móviles e integrables. Se trata, en lo sucesivo de una operación rentable. Es entonces posible decir, que el interés por la tierra no proviene de una simple cuestión de moda temporal y efímera.



FIGURA 338: "VIVIENDA FRESCA"
VIVIENDA SOLAR CONSTRUIDA POR COLZANI J. H. DEL GRUPO ARCHECO DE TOLOSA.
LOS MUROS INTERIORES SON CON BLOQUES DE TIERRA ESTABILIZADA, PARA EL ALMACENAMIENTO TERMICO.

SABIA USTED QUE:

EL EDIFICIO más grande construído por el hombre es en Tierra: "La Huaca del Sol" en el Perú. En su libro "INCA", Enrico Guidoni menciona las investigaciones realizadas en esta fantástica pirámide cuyos vestigios dominan majestuosamente ese lugar sagrado.

Construída sobre una base de 1.000 m. x 500 m. tenía una altura de 35 m. aproximadamente, 130 millones de adobes constituían su estructura conformando un volumen aproximado de 5'800.000 m^3 con un peso estimado en 8'800.000 toneladas. Esta masa sobrepasa en 3'000.000 de toneladas a la de la obra que posee el récord oficial (en el "Libro Guiness", 1982): la pirámide del Sol de TEOTIHUACAN, cerca de México, con un peso de 5'940.000 toneladas y un volumen de 3'300.000 m^3;

LA TIERRA ha sido el material más utilizado en la construcción en el mundo. Un tercio de la humanidad, 1.500.000.000 de personas, habitan en casas de tierra. (Dr. Uppal, CBRI);

LA RESIDENCIA de verano oficial del presidente de los E.U. la "Summer whit-house" es un "rancho mexicano" de 5 habitaciones en Sta. Inés, California. Construída en adobe, hace un siglo aproximadamente, tiene 170 m^2 de área. (Round up, 22 de febrero de 1981 - "Rocky Mountain News", 22 de marzo de 1981).

LA CONSTRUCCION más larga sobre la tierra y visible desde la luna, la Gran Muralla China tiene en su estructura numerosos segmentos construidos en tapia pisada. Esta obra de tierra de 2.250 kms de largo fue revestida en piedra (Christopher Fagg et A. Sington en "los antiguos constructores").

NUEVOS PROYECTOS

Presentamos, a continuación, algunas construcciones recientes o en ejecución, escogidas según numerosos factores, entre los cuales se encuentra el prestigio, la estética, la vocación como vivienda de tipo social, entre otros criterios de interés.

• **Agrupación La Luz:** barrio suburbano de Albuquerque (Nuevo México, EE.UU.) que agrupa 100 viviendas lujosas con adobe. Concebido por el arquitecto americano Antoine Predock y terminado en 1975.

• **La Vereda 2:** parcelación de una quincena de casas de adobe con energía solar pasiva, consideradas como "lo plus ultra" en el medio; construidas en la parte alta de Santa Fe (Nuevo México, EE.UU.) por Wayne y Susan Nichols y acabadas en 1981.

• **El Museo Nacional de Malí:** edificación en banco estabilizado, proyecto demostrativo, concebido por el arquitecto francés Jean-Claude Pivin y finalizado en 1981, Bamako.

• **Proyecto para la residencia del representante del FED (Fondo europeo para el desarrollo):** en Ouagadougou, Alto Volta, por la ADAUA.

• **Proyecto en la isla Mayotte:** el CRAterre colabora con la SIM (Sociedad Inmobiliaria de Mayotte) para la puesta en marcha de 25 bloqueras, la construcción de 8 viviendas en bloque estabilizado y un programa de 350 viviendas por año, a ejecutar por autoconstructorres, 1981-1982.

• **Construcción de 10 viviendas de interés social en Banconi:** en las afueras de Bamako, Malí, realizado dentro del Programa Rexcoop, por el ACA en 1982.

Numerosos proyectos, día a día, se finalizan en diferentes partes del mundo, mencionamos, a continuación algunas realizaciones en Francia.

• **Un paradero para bus y un guardarropa en zona deportiva:** del Parque Nacional de la Montaña de Reims.

• **Casas por autoconstrucción:** cerca de Rennes, en la región del Dauphiné, de Tolosa; viviendas bioclimáticas cerca de Tolosa, Marsella y en el departamento del Var.

• **Centro comunal en Pigna**, un taller para la ejecución de órganos y varias en Lumio, Córcega.

• **Proyecto de 63 viviendas** (H.L.M.), en Isle D'Abeau; bajo el auspicio del Plan-Construcción con el OPAC del Isere y EPIDA (Institución Estatal de Isle D'Abeau).

ESTUDIOS

ESTADOS UNIDOS

• **El "Southwest Thermal Mass Study"**, realizado en cooperación con la población de Tesuque, los DOE, HUD, NMEI, Miembros y asociados y el Bickle Group (Nuevo México). Este programa pretende proporcionar a los diseñadores y constructores con adobe, todo un conjunto de datos y resultados térmicos procedentes de tests científicos.

FRANCIA

• **Búsqueda y reconocimiento sobre el material tierra:** esta investigación, financiada por el Plan-Construcción y realizada por el CRAterre, se propone establecer un balance sobre el estado del conocimiento concerniente a la tierra y su empleo en la construcción, así como definir las líneas de investigación a desarrollar.

• **Pañetes y protección del material tierra:** esta investigación se apoya sobre un reconocimiento en el terreno y científico, de la patología de los pañetes tradicionales de las construcciones con tierra; y presenta un inventario de soluciones, compatibles con el material para la protección actual. Esta investigación la realiza el AGRA bajo los auspicios del Plan-Construcción.

• **ENTPE:** la Escuela Nacional de Obras Públicas del Estado, en Lyon, que colabora con el CRAterre, comienza una investigación fundamental, financiada por el Plan Construcción sobre el comportamiento de las bóvedas con tierra estabilizada y no estabilizada. Bóvedas y cúpulas en escala 1:1 serán analizadas. Enseguida serán elaborados modelos matemáticos, así como ábacos que permitan a los arquitectos obviar los cálculos dispendiosos y realizar las construcciones con toda seguridad.

Una de las principales ventajas de esta investigación es la posibilidad de aprovechar en los modelos de bóvedas con tierra, hasta el máximo, sus posibilidades estructurales, mecánicas y estáticas para permitir el empleo de ellas en la construcción y al mismo tiempo, volverlas aceptables para los mecanismos estatales de control y seguridad en los edificios.

SEMINARIOS

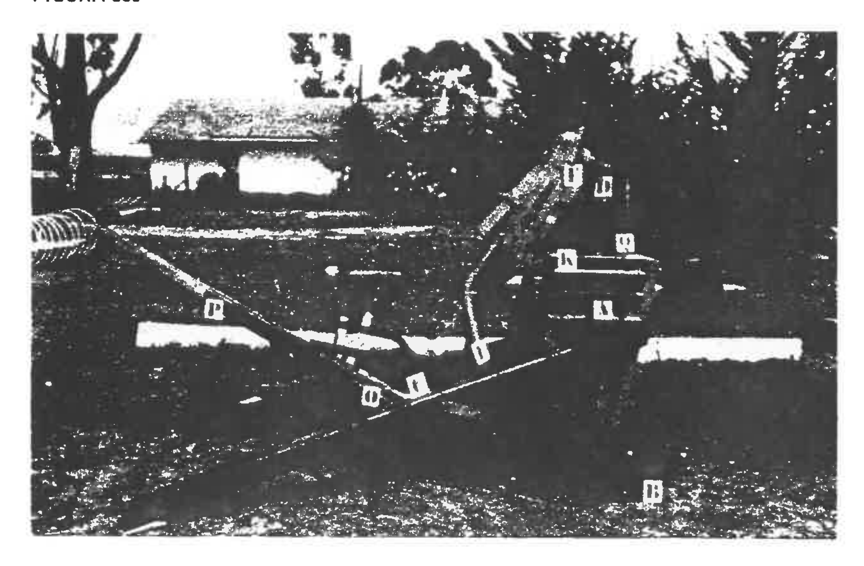
Algunos cursos sobre la tecnología con adobe se organizan en el verano, en el Sur-oeste de los Estados Unidos, particularmente en Nuevo México. El equipo de la revista "Adobe Hoy" lidera una programación de varios "seminarios sobre el adobe en el verano". Entre los seminarios más importantes de estos últimos años mencionamos el organizado por Islam dentro del programa de construcción de la aldea islámica de Abiquiu (al Nor-oeste de Santa Fe). Hassan Fathy, invitado a participar en este seminario, permaneció en el sitio quince días acompañado de dos maestros nubianos con el propósito de capacitar a los constructores (adoberos) de Abiquiu, en al construcción de bóvedas (a partir de la forma de la Catenaria) y cúpulas sobre trompas y pechinas. Estos cursos de formación acelerada y especializada son excepcionales en algunas partes del mundo. Recientemente en Francia se han realizado seminarios de corta duración. Así el ENTE de Montpellier, el grupo ERSOL y el CAUE de Mont-de-Marsan, el Parque Natural de la Montaña de Reims han sido los iniciadores de este tipo de intervención a nivel estatal. En Alemania Federal, en la Universidad de Kassel, en Eindhoven en Holanda, en Bokrijk en Bélgica diversas investigaciones han desarrollado cursos con talleres prácticos. En Francia y en el extranjero, el CRATerre ha participado, o directamente realizado cursos sobre la construcción con tierra en colaboración con ENDA de Ziguinchor en Senegal, el CONESCAL de México en Tlaxcala y la UPA de Grenoble. Este seminario en la Escuela de Arquitectura de Grenoble (10 Galerie des Baladins— 38100 Grenoble) es anual y comprende dos partes, cada una de las cuales tiene una duración de tres semanas; una teórica y la otra práctica en obra.

PRENSAS

El extraordinario desarrollo de las prensas expresa principalmente la evolución de la tecnología de construcción con tierra. Actualmente, una gran variedad de prensas están disponibles en el mercado internacional. Presentamos aquí, algunos ejemplos, representativos de las actuales tendencias.

NOTA: Considerando que este tipo de material aparece y desaparece del mercado según un ritmo incontrolable, y además, que algunos de los productos no son eficientes, consideramos inútil presentar aquí una lista de las direcciones, que arriesgamos sea obsoleta en

FIGURA 339



menos de un año. Para toda información sobre el material de producción en general, contactar a los autores.

Nuevas prensas manuales han sido desarrolladas que, en la mayoría de los casos, aportan una solución a los problemas presentados por las antiguas Resaltaremos la prensa CINVA mejorada, por MEILI (tapa rebatible), por BRE (comando manual acoplado a un mecanismo hidráulico). CRATerre Perú ha diseñado recientemente una prensa y puesto en marcha un taller de producción en la región andina de Huancayo *(fig. 339)*.

La prensa TERSTARAM actualmente, está disponible con motor: la SEMI-TERSTAMATIQUE. Su eficiencia ha mejorado. Los prototipos, finalizado el período de ensayo, son producidos en el modelo definitivo (más compacto). Este tipo de máquina generalmente pesada y con un funcionamiento sencillo puede ser reparada fácilmente en talleres artesanales.

En los últimos años han aparecido, las unidades de producción móviles. En los Estados Unidos y en Francia esta clase de máquina puede alquilarse. Cuando se

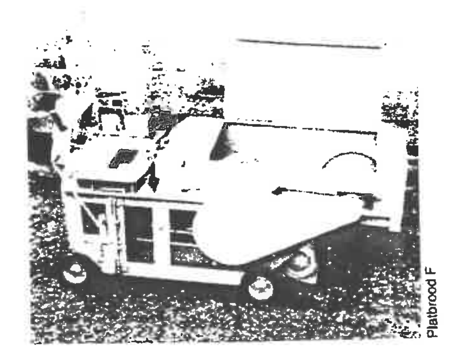


FIGURA 340: MATERIAL PLATBROOD-BERGER

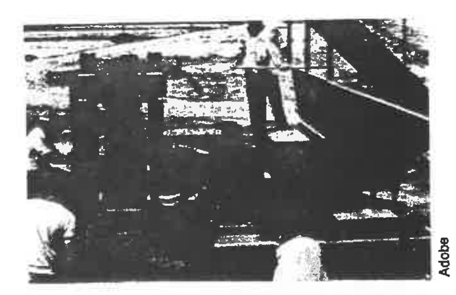


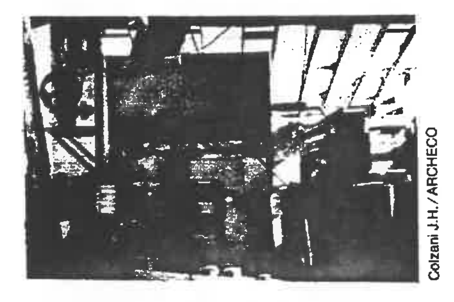
FIGURA 341: MATERIAL EARTH-RAM



FIGURA 342: MATERIAL DE TALLERES MEDITERRANEOS EXPERIMENTALES

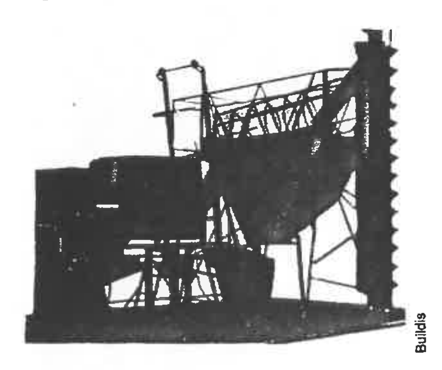
trabaja en las mejores condiciones se logra producir en dos o tres semanas la cantidad de bloques necesarios para la construcción de una vivienda de tamaño mediano (10.000 bloques aproximadamente); éste es un éxito fiable en un contexto económico preciso, sin embargo es necesario para cada caso, verificar la factibilidad.

Las unidades completas de producción han sido también ensayadas. Estas trabajan en condiciones económicas bastante rígidas. En la mayoría de los países en vía de desarrollo este tipo de unidades de producción (no todas), no son económicamente justificadas respecto a los estudios de factibidad realizados.



Colzani J.H./ARCHECO

FIGURA 343: MATERIAL ·SOVEN-PROTOTIPO



Buildis

FIGURA 344: MATERIAL TECMOR

Las unidades industriales completas de pequeñas dimensiones se encuentran, actualmente, disponibles en diferentes versiones y tamaños. Están diseñadas para una producción manual, siendo necesario estudiar la factibilidad económica con rigor. Por otra parte, en buenas condiciones estas unidades son rentables. Sus sistemas de fuerza hidráulicos, implican la disposición de una infraestructura tecnológica apropiada que garantice el funcionamiento.

PRODUCTOS "ESTIRADOS"

Una nueva técnica de producción ha sido desarrollada en Francia por los investigadores del INSA en Rennes y del CTTB. Se trata de un proceso de extrusión de bloques crudos alveolares, o de tejas. La tierra es estabilizada con cemento y otras sustancias de menor importancia. Los diferentes tipos de materiales de la industria cerámica convencional pueden obtenerse. Esta tecnología se acerca a la del ladrillo cocido. Es así como, el bloque estabilizado extrudado consume 50% menos de energía que el ladrillo cocido. Las inversiones para la puesta en marcha de la unidad de producción son inferiores y el umbral de rentabilidad también lo es. Los productos, comercializados en Francia tienen un costo de 7 a 10% menor que el del ladrillo cocido. La resistencia a las heladas no ha sido totalmente solucionada.

PULVERIZADORES

El desarrollo de la técnica de bloques prensados ha hecho resaltar la importancia de la preparación de la tierra. En efecto, a mayor pulverización de los granos (hasta cierto grado), la eficiencia de la estabilización será mayor. Actualmente se encuentran en el mercado diferentes pulverizadores. A falta de una máquina especialmente adaptada es posible pulverizar la tierra con la ayuda de un pisón, pero esta es una actividad dispendiosa. También se pueden utilizar máquinas para desmenuzar los desechos, así como las empleadas para moler la maleza; es necesario, sin embargo probar estas máquinas antes de adquirirlas, ya que los modelos que convienen son generalmente los más pesados y los de mayor fuerza.

El pulverizador manual derivado de los trituradores de cacahuete. Es eficaz para

GAMA DE UNIDADES DE PRODUCCION											
TIPO DE INSTALACION (MARCA) ★	PROTOTIPO DE PLANOS	PROBADA	FIJA	UNIDAD MOVIL	PULVERIZADOR	TAMIZ	MEZCLADOR	PRENSA	PRODUCCION ANUAL (BLOQUES) 29.5 × 14 × 9) ★★ ★★★	PRECIO FUERA DE FABRICA O F.O.B. H.T. (FF) ★★	SISTEMA
Cinva Ram Ellson Blockmaster		○	○					○	100 000 a 200 000	1 500 a 3 000	Manual
Terstaram CRATerre Perou Pact 315	○	○	○					○	200 000 a 400 000	6 000 a 25 000	Manual
Pact 315 motorisée Semi-Terstamatique	○	○	○					○	600 000 a 800 000	35 000 a 70 000	Mecánico [3]
MMH 2 000		○		○				○	750 000	65 000	Hidráulico [3]
Bernat-Saulliere BG 25 CLU 3 000	○	○		○			○	○	250 000 a 1 000 000	70 000 a 120 000	Hidráulico [3]
Souen Soterem PPB RAFFIN	○			○	○	○	○	○	500 000 a 1 000 000	80 000 a 400 000	Hidráulico [3] Hipercompresión
TECMOR HCR 3 HCR 5 ACCETTA		○	○		○	○	○	○	2 500 000 a 8 500 000	450 000 a 900 000	Compresión dinámico hidráulico Doble-compresión
Latorex L3 Krupp	○	○	○		○	○	○	○	2 500 000 a 9 500 000	3 600 000 a 12 000 000	Hidráulico hipercompresión Doble-Compresión Compensada

★ Cette liste n'est pas exhaustive.

★ ★ Les chiffres énoncés ne correspondent pas nécessairement exactement à l'installation de cette marque spécifique. La marque est donnée comme moyen d'identification du genre d'installation.

★ ★ ★ Les capacités de production sont celles avancées par les producteurs. Elles sont dans la plupart des cas tout à fait théoriques et ne correspondent généralement pas aux productions obtenues sur le terrain, qui souvent n'atteignent que 50 %.

* Esta lista no es exhaustiva.

** Las cifras señaladas no corresponden necesariamente a la instalación de esta marca específica. La marca aparece como elemento para identificar el tipo de instalación.

*** La producción corresponde a la señalada por los productores. En la mayoría de los casos es teórica y no corresponde a la obtenida sobre el terreno que es aproximadamente el 50%.

las tierras finas que carecen de agregados o se les han quitado éstos. Se accionan manualmente (labor pesada). Disponible con motor si se quiere, *(fig. 345)*.


Platbrood F

FIGURA 345: MATERIAL PLATBROOD

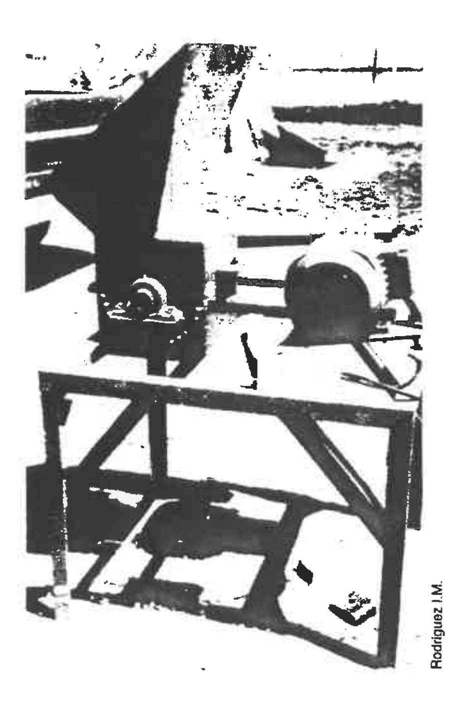

Rodriguez I.M.

FIGURA 346: MATERIAL TECMOR

Pulverizador motorizado pequeño. Una jaula de ardilla gira a alta velocidad en un cilindro. La tierra es pulverizada por el impacto de las barras. Este procedimiento requiere, generalmente, un tamizado suplementario. La eficiencia del sistema puede ser mejorada haciendo girar dos jaulas con rotación inversa y sincronizada *(fig. 346)*.


Platbrood F

FIGURA 347: MATERIAL PLATBROOD

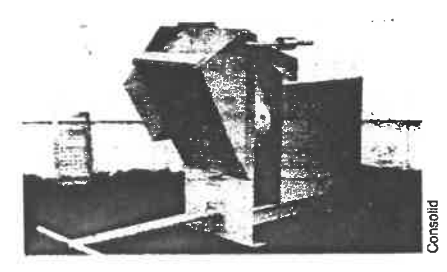

Consolid

FIGURA 348: MATERIAL CONSOLID

Pulverizador sistema CARR. Dos discos de 100 kg., provistos cada uno de dos hileras de barras que giran a alta velocidad

APISONAMIENTO							
	ESTATICO			DINAMICO			
				POR IMPACTO		POR VIBRACION	
	Manual	Mecánica	Hidráulica	Manual	Mecánica	Neumát.	Mecánica
Prensa	○	○	○	○	○	○	●
Prensa integrada a una unidad móvil de producción	□	●	○	□	□	□	●
Prensa integrada a una unidad fija de producción	●	●	○	□	□	□	○

○ Hay, hubo o está pronto disponible en el mercado.

● Sistema interesante pero poco explorado.
Estará disponible probablemente antes de 1985

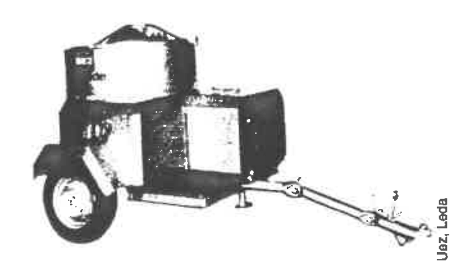
□ No es interesante

en sentido inverso. La tierra, introducida en la mitad, es así pulverizada. Este modelo está disponible para funcionamiento manual (difícil) y con motor. *(fig. 347)*.

Los pulverizadores con hélice son sencillos y eficaces. Es posible adaptarles varias hélices sobre un eje. Otro procedimiento consiste en pulverizar la tierra con la ayuda de una correa provista de hileras de lengüetas en acero templado que giran a alta velocidad. Este sistema es adaptable para la pulverización de la tierra húmeda (Royer).

MEZCLADORES

En la cadena de la producción de los materiales para la tierra, una de las principales etapas es una buena mezcla. El turbo mezclador es una máquina eficiente para los bloques apisonados o para la tapia pisada. Actualmente se continúa en la búsqueda de mezcladores de menor volumen dotados de motores térmicos. Una gama pequeña de turbomezcladores independientes y eficientes se encuentran disponibles en el mercado. Pueden ser adquiridos en diferentes versiones, con estación fija o móvil, con o sin tamiz, y con motor eléctrico o térmico.



Uez, Leda

FIGURA 349: MATERIAL UEZ.

Presentamos, a continuación, algunas observaciones suplementarias concernientes al capítulo sobre las mezcladoras.

- **La fuerza instalada en un motor diesel deberá ser al menos 1,5 veces que la necesaria en un motor eléctrico.**

- **Para una tierra "seca" una mezcladora horizontal de paletas requerirá al menos 1 cv diesel por 10 litros de tierra introducida. Un turbomezclador requerirá, como máximo 3/4 de esta fuerza.**

- **Para una tierra "seca" la mezcladora horizontal de paletas deberá ser pesada.**

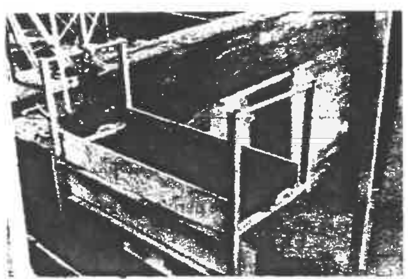
- **El empleo del motocultivador ha tenido gran acogida por empresarios y los autoconstructores. Esta es una máquina eficiente, barata, con mantenimiento fácil y que puede ser utilizada para otras labores.**

ENCOFRADOS

Los encofrados utilizados son numerosos y variados, que dependen de circunstancias geográficas, tecnológicas e históricas. Con el resurgimiento de la construcción en tapia pisada, dos tipos de encofrados hacen su aparición, uno por desplazamiento horizontal (sistema tradicional francés, por ejemplo), el otro por desplazamiento vertical (Australia y Estados Unidos).

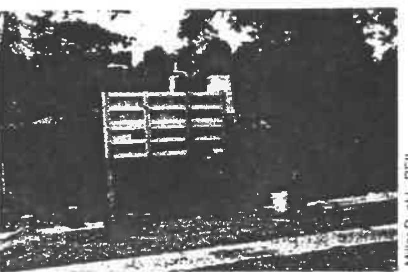
Encofrado ligero por desplazamiento horizontal. El grupo "Tierra y Sol" ha perfeccionado en Francia un prototipo, que se encuentra todavía en período de prueba *(fig. 350).*

Encofrado por desplazamiento vertical. Se construyen secciones de muro o entrepaños que se unen entre sí por postes de hormigón, por los marcos de los vanos, por puertas y ventanas o por juntas de dilatación. La parte inferior del encofrado pasa encima antes de alcanzar la parte superior del segundo juego. Se evitan así los problemas de continuidad y de juntas horizontales. Este sistema se utiliza con frecuencia en los Estados Unidos *(fig. 351).*



Gumbau, J. Terre et Soleil

FIGURA 350: MATERIAL TIERRA Y SOL



Miller D. et L. REII

FIGURA 351: MATERIAL MILLER-REII

CONSTRUCCION CON TIERRA EN EL PERU

La principal motivación a finales de 1979, luego de la primera edición de este libro, fue poner al servicio de las poblaciones menos favorecidas de un país con tradición en la construcción con tierra, el trabajo que este libro sintetiza.

Tres fundadores del CRATerre deciden emprender este proyecto, superando las numerosas dificultades administrativas y apoyados por organizaciones no gubernamentales europeas, y por el ministerio de Relaciones Exteriores Francés, es así como, el grupo parte en febrero de 1980 hacia el Perú. La sede está localizada, desde hace tres años, en el observatorio del Instituto Geofísico de Huayao, cerca de Huyancayo a 3.300 m de altura en la cordillera de los Andes. Se monta una "estación de apoyo técnico", (estructura capaz de realizar un trabajo efectivo directo con las comunidades campesinas andinas). Se efectúan investigaciones y estudios para mejorar las viviendas construidas con tierra, en cooperación con organismos oficiales como el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda I.N.I.N.V.I. (anteriormente O.I.N.) y el Instituto Geofísico del Perú I.G.P., quienes difunden a escala nacional los resultados obtenidos. El objetivo principal es revalorizar los conocimientos locales aportando elementos técnicos nuevos en el campo de la construcción con tierra. La forma de intervención permite relaciones diferentes entre técnico y pobladores. Se trata de romper, poco a poco las barreras entre la "tecnología científica" y el "conocimiento-tradición".

Se decide, deliberadamente, no perfeccionar sistemas tecnológicos que podrían ofrecer excelentes resultados en el laboratorio, pero que no son una respuesta al real conocimiento de los problemas prioritarios de las poblaciones, y que no serán analizados mientras no sean puestos en práctica por los campesinos. Esta forma de proceder es larga ya que es necesario conocer la filosofía del construcción del campesino andino, así como la organización social que la rige y los problemas técnicos que se puedan o no presentar. Los intercambios de conocimiento son fundamentales, se debe aprender antes de aconsejar.

Los pobladores deben continuar con el control de la producción y de sus propias vidas. Las comunidades campesinas de los Andes han conservado durante siglos su original sistema de ayuda comunitaria cuya fuerza es, hoy en día una componente esencial de la superviviencia. El material Tierra es uno de los diferentes elementos que aún favorece la cohesión social. Con la reciente introducción de los materiales convencionales (ladrillos, hormigón...), el sistema colectivo se encuentra amenazado: lo "monetario" toma su lugar. El campesino que construye su casa con materiales "nobles" tendrá dificultades para convocar a la comunidad en su ayuda. Si él ha podido pagar "caros" estos materiales, él podrá también pagar un maestro y sus ayudantes. El material TIERRA, no se vende, pertenece al lugar, como las gentes que lo habitan.

Se han escogido dos ejemplos que ilustran el tipo de intervención: uno es la construcción para un centro médico en Colpar, y el otro es un almacén agrícola en la Punta.

Construir con tierra en el Perú

Centro médico en bloques de tierra prensados

Colpar está localizada en una Comunidad campesina de la zona de Huancayo. Las 70 familias que la componen, en su mayoría, viven de la agricultura (autoconsumo). Poseen pequeñas parcelas con cultivos de papa, maíz, trigo... Una parte de la población vive de la ganadería (vacas, cabras, carneros, llamas, alpacas) y de los

tejidos artesanales. Numerosos de "jóvenes" se colocan como mineros en la región. El término "comunidad" designa una "población" con un estatuto jurídico particular, con cierta libertad en cuanto a su funcionamiento. Esta autonomía está, en general, ligada a una conciencia muy fuerte de grupo. El espíritu comunitario se traduce en su forma más expresiva en la "faena".

El trabajo comunitario o "Faena" (Heredada de las tradiciones pre-incaicas) agrupa toda la comunidad alrededor de obras de interés general: mantenimiento de caminos, canales, construcción de edificaciones comunales. Los días de faena son obligatorios; un comunero que no asista deberá enviar un miembro de su familia en calidad de reemplazo, su mujer o uno de sus hijos (jóvenes mayores de 16 años), o pagar una multa en dinero o en especie. Los comuneros se reunen en asamblea con el objeto de decidir el trabajo a realizar y los días de ejecución. Las autoridades comunales se encargan de la realización de los trabajos. Las construcciones individuales son, algunas veces realizadas, por el sistema de ayuda comunitaria, que se parece a una faena y agrupa, según la situación del propietario, más de 100 personas entre amigos, familiares y vecinos. El propietario debe proporcionar la música, la comida y las bebidas. Es bastante frecuente ver "salir de la tierra" una casa de ciertas dimensiones (un piso) luego del trabajo de un fin de semana. La faena permitiría, entonces, la construcción del centro médico de Colpar.

La decisión: La idea de proporcionar a la Comunidad un centro médico, provino de las autoridades. El equipo CRATerre estuvo dispuesto a ofrecer la asistencia técnica, para lo cual en la asamblea general se debía decidir la forma de ejecución. Los comuneros se reunieron, el proyecto se expuso y cada uno expresó su opinión. Estas fueron diferentes; un problema apareció: la temporada de lluvias, se aproximaba, y era casi imposible producir los adobes antes de esta temporada. Un comunero recuerda, que luego del primer contacto el año anterior con un miembro de nuestro equipo, una exposición sobre diferentes procesos de construcción con tierra se le había hecho y existía una técnica: bloques de tierra prensados que requería de un menor tiempo para el secado. La solución luego de ser discutida es sometida al proceso de voto, para ser aceptada y aprobar dos días por semana para la faena. Los que no estuvieron de acuerdo y los que no asistieron debieron acatar la decisión de la mayoría.

Fabricación de una nueva prensa: la búsqueda de una herramienta adaptable

Respondiendo a la demanda que se nos había hecho, tuvimos la idea de perfeccionar una nueva prensa para la producción de los bloques. Esta herramienta debía responder a exgencias específicas y particulares.

— Tener un rendimiento suficiente para absorber el trabajo de 15 personas (extracción y preparación de la tierra, moldeado y almacenamiento de los bloques);

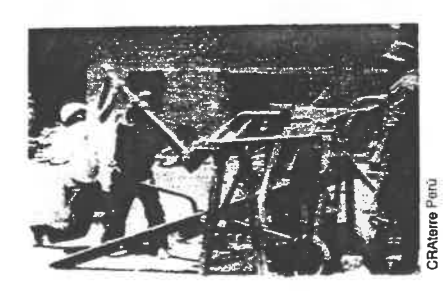
• Permitir la fabricación de bloques con formas especiales que facilitaran incluir dentro de la mampostería elementos de refuerzo horizontal y vertical (sismo resistencia);

• Estar constituida por elementos disponibles en la región, de manera que una producción y mantenimiento local artesanal o semi-industrial pueda llevarse a cabo en caso de éxito.

Ninguna prensa manual comercial, respondía exactamente a estas condiciones, se hacía necesario presentar innovaciones;

una maqueta a escala del prototipo fue realizada en madera con el objeto de analizar el funcionamiento escogido.

Uno de los miembros del equipo fabrica entonces, el primer prototipo en los talleres del Instituto Geofísico. Las herramientas utilizadas eran sencillas: una perforadora, equipo para soldar, amoladera y una pequeña mesa de trabajo. Todo el metal fue cortado manualmente. El uso exclusivo de perfiles metálicos (esquineras, platinas y tubos), cada uno de una sola dimensión, simplificaba la fabricación y disminuía los errores permitiendo producir una unidad económica.



CRAterre Perú



CRAterre Perú

FIGURAS 352 Y 353
FABRICACION DE 5.500 BLOQUES CON LA PRENSA "CRATerre". COMUNIDAD CAMPESINA DE COLPAR

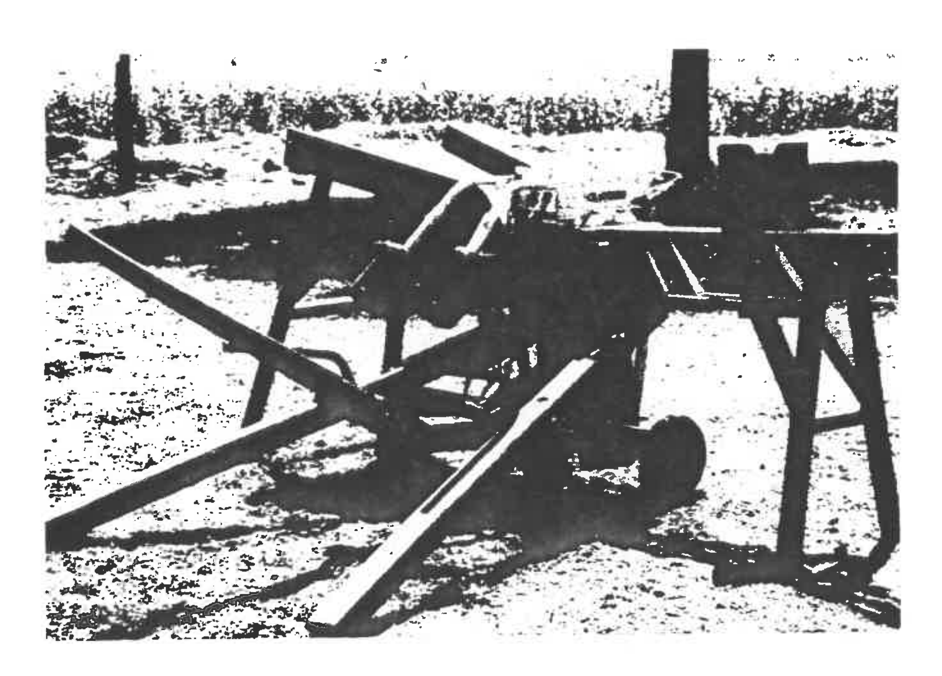
Mientras la máquina estaba lista, la Comunidad de Colpar realizó las excavaciones, cimientos y los sobrecimientos del Centro Médico. El día de iniciación del trabajo comunitario, se preparó una pequeña fiesta con cerveza y chicha para bautizar la prensa.

Los comuneros comprendieron rápidaménte el funcionamiento de la prensa produciendo 5.500 bloques por faena que fueron almacenados en la iglesia, durante este proyecto se tuvo la oportunidad de probar las características del prototipo con capacidad de producción de 120 bloques (de 27 x 28 x 9 cm) por hora.

Un día de faena

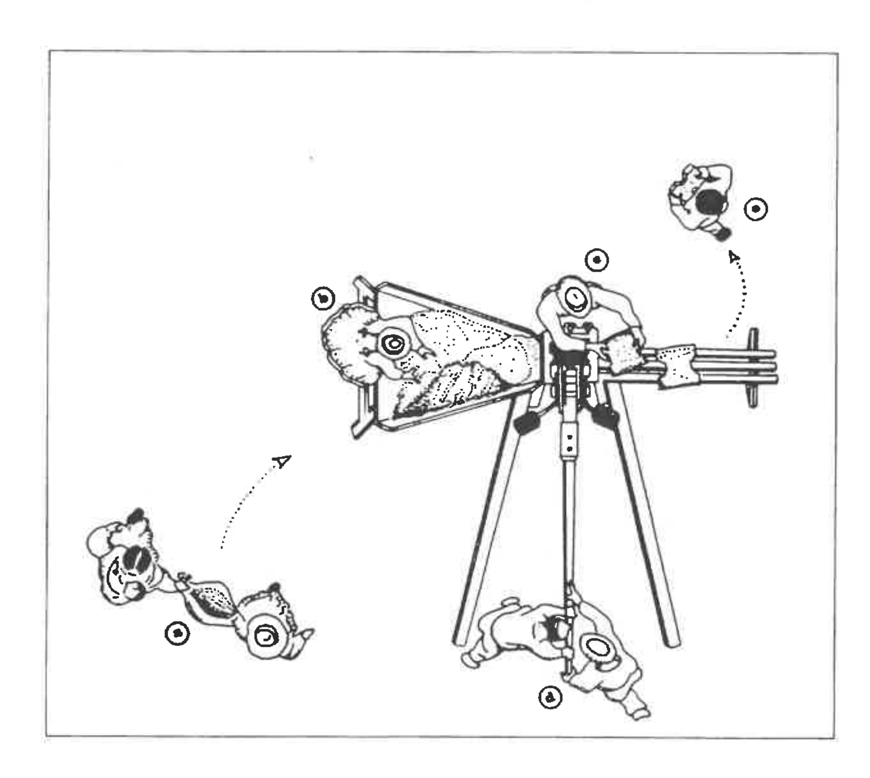
En Colpar se inicia a las 9 de la mañana, una vez que los niños han salido para el colegio, las tareas domésticas de la mañana se han realizado y los animales se han llevado a pastoreo. Los comuneros se reúnen en la plaza principal, donde son esperados por las autoridades de la población. Luego de algunas observaciones sobre el trabajo a realizar, este comienza y se prolonga hasta el mediodía después de realizarse una pausa donde se distribuye hoja de coca y una botella de aguardiante que se hace circular (comprada con las multas de los ausentes). Posteriormente se distribuye nuevamente hoja de coca y aguardiente; las mujeres sacan de sus "mantas", maíz y papas cocidas para repartir entre ellas y los hijos. Los hombres se reúnen y conversan sin comer. Más tarde, se retoma el trabajo para finalizar generalmente a las cuatro de la tarde, con una asamblea donde se discute la fecha de la próxima faena y los problemas comunales. Las propuestas son sometidas a voto y consignadas escrupulosamente en un libro de actas por uno de los responsables.

FICHA CON LA DESCRIPCION DE LA PRENSA "CRATERRE"



- *Prensa manual de presión estática.*
- *Moldeado, abertura automática de la tapa y desmolde obtenido al bajar la palanca con un movimiento continuo y uniforme.*
- **Dimensiones:** *prensa: largo =230 cms., ancho = 163 cms., alto = 124 cms. prensa equipada: largo = 230 cms., ancho: 280 cms, alto = 124 cms.*
- **Peso:** *prensa: 230 kg. prensa equipada: 280 kg.*
- **Presión de compactación:** *15 a 20 kg/ cm^2.*
- **Tasa de compresión:** *1,67*
- **Profundidad máxima del molde:** *160 mm.*
- **Recorrido máximo de la bandeja:** *70 mm.*
- **Dimensión de los bloques:** *variable —sistema de moldes intercambiables; un bloque de 28 x 28 x 8 cms.; un bloque de 28 x 28 x 8 cms. con entalladuras laterales; dos bloques de 28 x 12,8 x 8 cms; dos bloques de 28 x 12,8 x 8 cms con entalladuras laterales.*
- **Cantidad de bloques/hora:** *120 bloques de 28 x 28 x 8 cm.*
- **Volumen compactado por día:** *4,23 m^3*
- **Cantidad de personas:** *mínimo 2 a 3.*
- **Mantenimiento:** *engrase.*
- **Accesorios:** *Una tabla para el almacenamiento de 60 kg de tierra, una tabla para el retiro de los bloques, 10 plaquetas de maderacontrachapeada para el transporte de los bloques frescos según el tipo de molde.*

Esta prensa ha recibido patente de invención en 1982.



CRAterre Perú

FIGURA 354 : FABRICACION DE BLOQUES CON LA PRENSA "CRATerre"

a) Tierra húmeda tamizada, los portadores transportan de 15 a 20 kg de tierra por viaje.
b) Auxiliar que ayuda a descargar la tierra.
c) Llenado del molde, cierre de la tapa, y luego de la eyección del bloque, este es colocado a un lado sobre la tabla.
d) Manipulación de la palanca para llenar el bloque, prensado, apertura de la tapa y ejección del bloque.
e) Transporte de los bloques hasta el lugar de secado y almacenamiento (1 bloque de 28 x 28 x 9 cm pesa 12 kg).

La construcción: bloques de tierra prensados y refuerzos con eucalipto

En la Cordillera de Los Andes,.expuesta a fenómenos sísmicos, el proyecto debía prever en el sistema constructivo de bloques con tierra refuerzos sismo-resistentes. A partir de los experimentos del ININVI con adobe y "cañas", se iniciaron los diseños del Centro Médico: se debía realizar un edificio siguiendo las recomendaciones de refuerzos sismo-resistentes, lo cual no es fácil para un grupo de personas o de obreros no especializados en la rama de la construcción; la comunidad estaba decidida a superar las dificultades. Teniendo en cuenta la pendiente del terre-

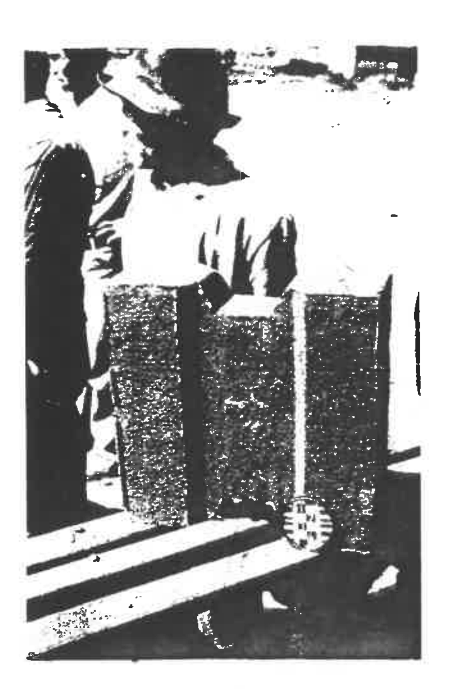
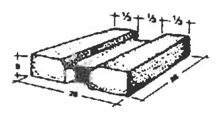
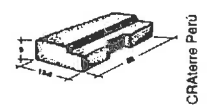


FIGURA 355:
BLOQUE DE TIERRA PRENSADO
de forma especial, permite el paso de los refuerzos verticales y horizontales al interior de la mampostería

no, los cimientos se ejecutaron en niveles, y los sobrecimientos se realizaron con piedras rellenas con mortero de tierra, solución que aunque no es la mejor, sí es económica. En cada uno de los cruces de muros se colocaron contrafuertes;





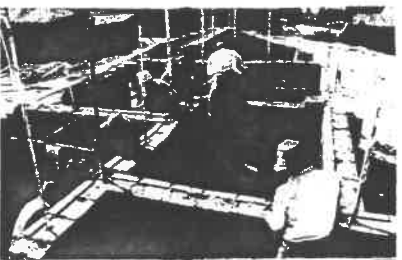
CRAterre Perú

FIGURA 356:
DIMENSIONES DE LOS BLOQUES "ESPECIALES"



CRAterre Perú

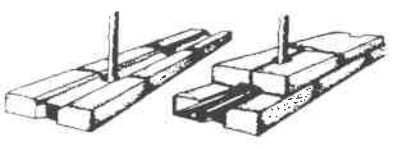
FIGURA 358: TRABAJO COMUNITARIO O FAENA:
una tradición Andina eficaz y que aún se mantiene viva



CRAterre Perú

FIGURA 359: MAMPOSTERIA DE BLOQUES DE TIERRA PRENSADOS, REFORZADA CON VARAS DE EUCALIPTO
un trabajo de cuidado para los no profesionales

entre lo que fue necesario prever con anticipación están los aparejos de la mampostería. Los bloques de las dos primeras hiladas se estabilizaron con cal y cemento mejorando así, la resistencia de la edificación a la humedad eventual por capilari-



CRAterre Perú

BLOQUE ENTERO Y MEDIO BLOQUE
FIGURA 357: PASO DE LOS REFUERZOS VERTICALES Y HORIZONTALES CONSERVANDO LOS APAREJOS

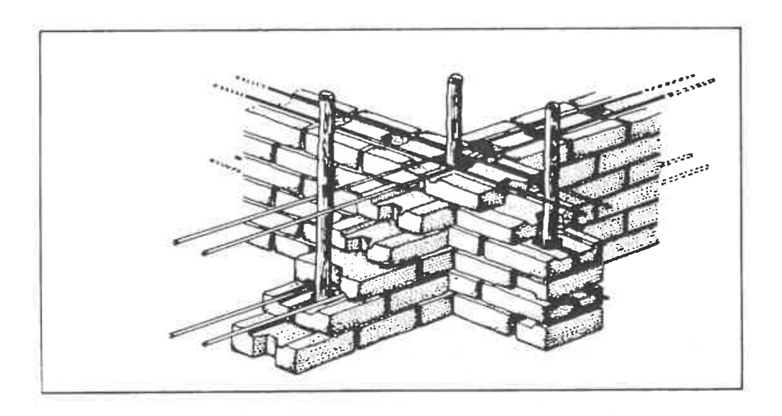

CRAterre Perú

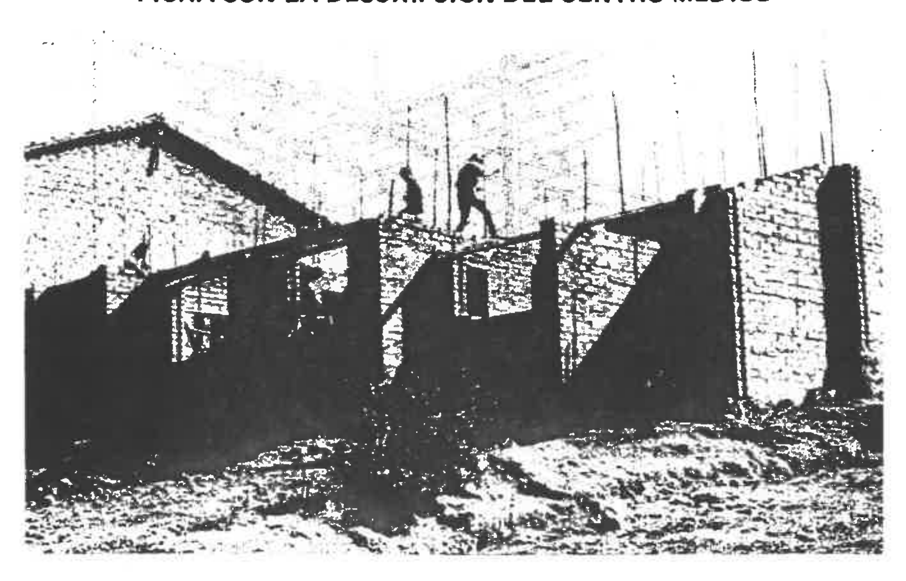
FIGURA 360: MAMPOSTERIA DE BLOQUES DE TIERRA REFORZADA. CRUCE DE LOS MUROS

dad. La madera de eucalipto, utilizada en la región fue empleada para los refuerzos horizontales de "amarre" cada cuatro hiladas. Particularmente, la forma de estos bloques facilita la colocación de estos refuerzos. El carácter experimental de la obra, indujo a un mayor interés por parte de los comuneros. Una de las bases del éxito del programa radicó en la actitud asumida por el equipo coordinador durante la construcción; La importancia de las modificaciones a las costumbres de construcción local y la voluntad de apoyarse sobre el sistema de organización tradicional ofrecía el peligro de contradicciones insuperables: o bien, nos transformábamos en verdaderos "directores de obra", lo que la asamblea de los comuneros no admitiría; o bien, rechazábamos los cambios tecnológicos que cuestionan la tradición. El primer obstáculo se resolvió dejando a la Comunidad la libertad para la organización del trabajo y el cambio en las tareas, considerando que los hombres, realizan, en general, los trabajos más nobles (manipulación de la prensa, elevación de los muros), y que las mujeres están obligadas a cargar los materiales, habría estado mal comprendido y probablemente rechazado que la propuesta del cambio naciera del equipo coordinador. Para resolver el segundo problema y que los cambios tecnológicos fueran aceptados, la presencia permanente del equipo en los días de faena era indispensable. Las propuestas y soluciones novedosas fueron explicadas y realizadas por nosotros, para luego ser discutidas. Las modificaciones podían ser improvisadas en la obra, pero la asamblea de los comuneros tenía la facultad de rechazarlas.

La Punta
Depósito agrícola con adobe: mejoras a una técnica tradicional

Para los pobladores andinos que poseen la tradición de la construcción con adobe y tapia pisada, cambiar la forma de moldear los bloques empleando una prensa y modificar el sistema constructivo habitual significaba, en efecto, utilizar un material de construcción nuevo. La construcción de un depósito para la papa de la Cooperativa Agrícola de La Punta permitía proponer dos modificaciones: la forma de los adobes y la introducción de variados elementos de construcción.

FICHA CON LA DESCRIPCION DEL CENTRO MEDICO



- **Cimientos y sobrecimientos:** *mampostería de guijarros.*
- **Muros:** *bloques de tierra prensados no estabilizados, realizados con la prensa CRATerre. Sólo los bloques de las dos primeras hiladas se estabilizaron: mezcla de cal-cemento.*
- **Refuerzos verticales:** *varas de eucalipto con un diámetro aproximado de 5 cm.*
- **Refuerzos horizontales:** *cuñas de madera de 2,5 x 2,5 cm. ensamblados por hierro de 3 mm.*
- **Mortero:** *la misma tierra utilizada en los bloques.*
- **Amarres:** *hierro para hormigón de 9,5 mm sobre una base de mortero con cemento. En la parte alta de la edificación se aumentan los refuerzos horizontales en las últimas hiladas.*
- **Dinteles:** *en varas de eucalipto.*
- **Cubierta:** *estructura tradicional con varas de eucalipto, cieloraso con ramas de "quinual" (arbusto local) y acabado con tejas locales artesanales (tipo canal).*

La edificación permitiría la aplicación de un curso de formación audiovisual, preparado por el CESPAC y el ININVI. El curso estaba dirigido a ofrecer las bases teóricas y prácticas sobre la mampostería con adobe para difundir los sistemas constructivos propuestos. Una veintena de comuneros, socios de la Cooperativa, hombres y mujeres no especializados en construcción ensayaron la experiencia.

Se trataba, en principio, de fabricar adobes de base cuadrada (40 x 40 x 10 cm). El peso de éstos (24 kg). obligó a un moldeo tradicional sobre el suelo con moldes sin fondo. La tierra se mezclaba con un día, como mínimo, de anticipación, con la paja y el agua hasta obtener una consistencia como de barro. El cambio en las dimensiones de los adobes (aquellos de la región de Huancayo miden 40 x 30 x

12 cm.) no fue recibido con entusiasmo por los participantes. La ventaja de estos bloques no era evidente para ellos.

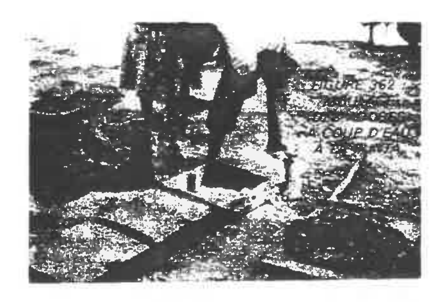


FIGURA 361:
MOLDEADO DE LOS ADOBES EN LA PUNTA

Las mejoras que desea el campesino andino son las siguientes:

— que el trabajo sea menos duro (en particular el mezclado),
— que el rendimiento sea aumentado en proporción con el trabajo.
— que el material obtenido tenga un aspecto "más noble".

En general esto fue lo obtenido con los bloques prensados. En La Punta, el comportamiento estructural de una edificación de adobe, frente a los sismos, está en segundo lugar en la escala de valores de los comuneros. Era necesario convencer... la edificación de 16,80 x 9,20 m debía almacenar 100 toneladas de papa destinadas al consumo. Las recomendaciones del C.I.P. (Centro internacional de la Papa-Huancayo), para un sistema de ventilación y refrigeración natural que facilite la circulación del aire húmedo, debieron ser tenidas en cuenta. La estructura del depósito estaba diseñada según los principios de la mampostería reforzada descritos anteriormente. Este depósito experimental debía servir como modelo a la F.A.O.: 10 edificaciones similares fueron construidas por comunidades campesinas de las regiones del Apurimac, Huaraz, Caraz, Huánuco, Llta, Junín, Puno y Cuzco.

Reproducimos *(fig. 363 y 364)* una de las páginas del "libro de obra" que muestra la organización de los pobladores durante la elevación de los muros.

Construir con tierra en el Perú no es una "moda pasajera": es una realidad, algunas veces difícil para miles de habitantes de Los Andes. Nosotros seguiremos ofreciendo el apoyo a las comunidades campesinas. El Centro dispone de un fondo de herramientas para préstamo, que será complementado con diez prensas que se encuentran en fabricación.

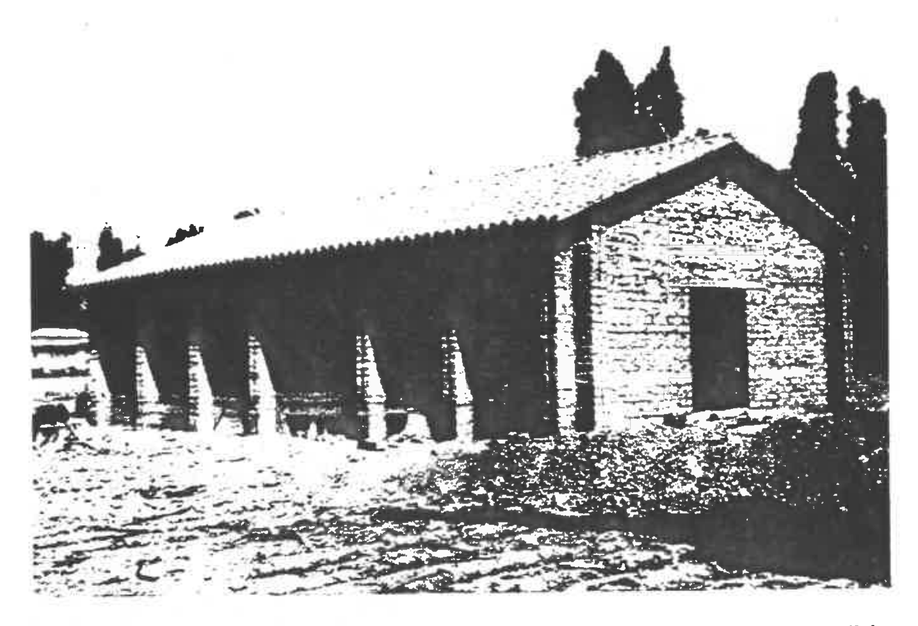
Siguiendo nuestros objetivos, deseamos que las redes de comunicación entre los



CRAterre Perú

FIGURA 362: UNA JOVEN "COMUNERA" TRANSPORTA EL MORTERO DE TIERRA PARA LOS MUROS DEL DEPOSITO

FICHA CON LA DESCRIPCION DEL DEPOSITO AGRICOLA



Cimientos: *en concreto ciclópeo*
Sobrecimientos: *en concreto ciclópeo, con ventilación.*
Dinteles de ventilación: *en hormigón armado.*
Muros: *adobes de 40 x 40 x 10 cm., mampostería reforzada con contrafuertes. Altura: 3,00 m. Culatas: 4,75 m.*
Dinteles de puertas y ventanas: *varas de eucalipto.*
Viga de amarre: *varas de eucalipto.*
Estructura de cubierta: *sistema tradicional con eucalipto*
Cubierta: *tejas tradicionales de cerámica cocida*
Particularidades: *ventilación con 10 ventiladores de 1,20 x 0,40 m y humidificación del aire por dos piletas de agua de 1,80 m x 7,20 y 20 cm de profundidad.*

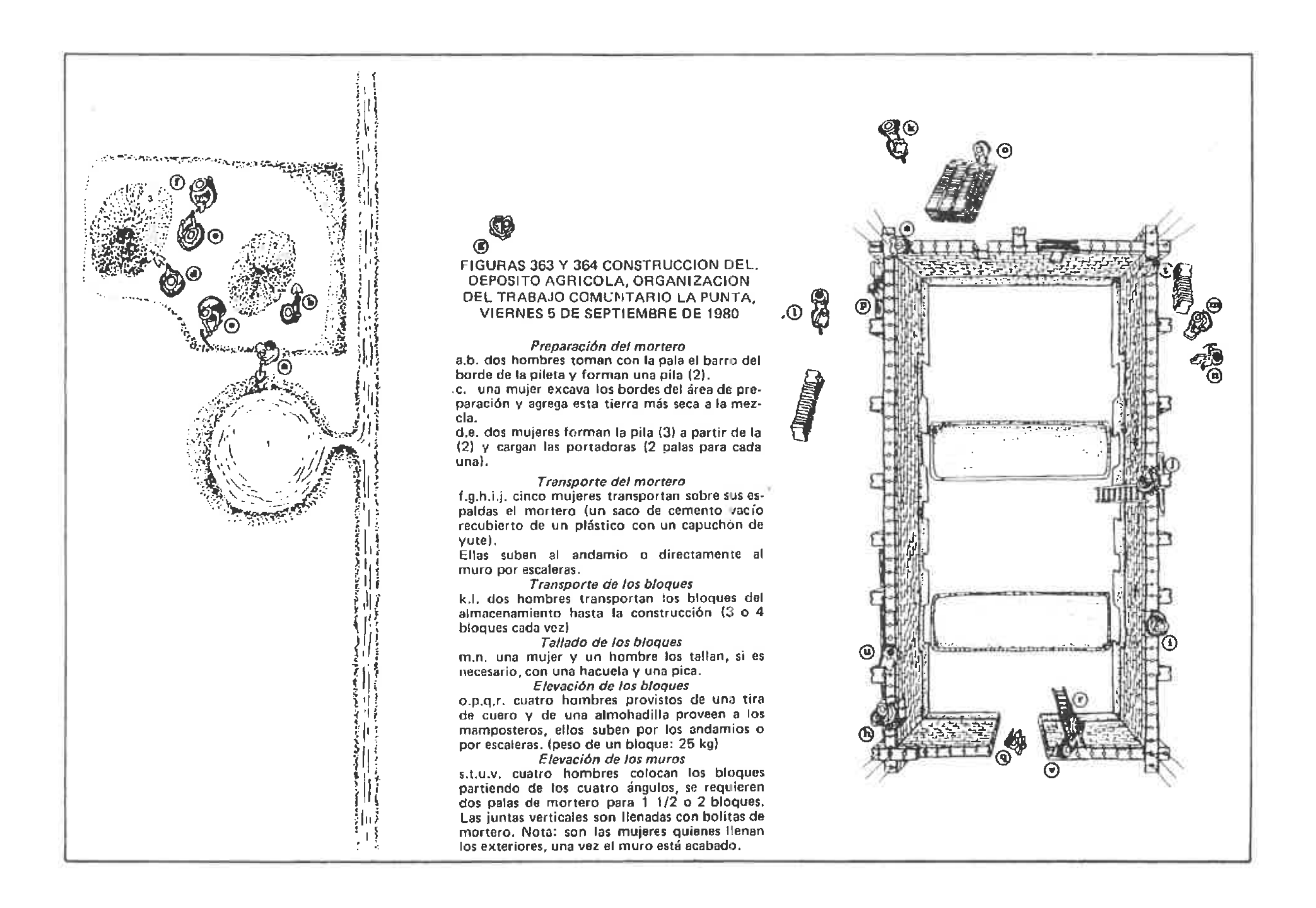
Almacenamiento de las papas sobre un entrepiso de madera ventilado.

---

diferentes grupos y organismos especializados en el Perú, países andinos y otros interesados sean reforzadas. Invitamos a los lectores a contribuir con sus experiencias y conocimientos en la "Estación de Apoyo Técnico", de la cual nosotros aseguramos su funcionamiento.

Los proyectos de CRATerre Perú están apoyados por:

- **C.C.F.D. (France)**
- **Ministerio de Relaciones exteriores (Francia)**
- **Agro Acción Alemana (R.F.A.)**
- **Trocaire (Irlanda)**
- **Vastenaktie (Holanda)**
- **C.I.M. (Suiza)**
- **UNESCO**



FIGURAS 363 Y 364 CONSTRUCCION DEL DEPOSITO AGRICOLA, ORGANIZACION DEL TRABAJO COMUNITARIO LA PUNTA, VIERNES 5 DE SEPTIEMBRE DE 1980

Preparación del mortero

a.b. dos hombres toman con la pala el barro del borde de la pileta y forman una pila (2).
.c. una mujer excava los bordes del área de preparación y agrega esta tierra más seca a la mezcla.
d.e. dos mujeres forman la pila (3) a partir de la (2) y cargan las portadoras (2 palas para cada una).

Transporte del mortero

f.g.h.i.j. cinco mujeres transportan sobre sus espaldas el mortero (un saco de cemento vacío recubierto de un plástico con un capuchón de yute).
Ellas suben al andamio o directamente al muro por escaleras.

Transporte de los bloques

k.l. dos hombres transportan los bloques del almacenamiento hasta la construcción (3 o 4 bloques cada vez)

Tallado de los bloques

m.n. una mujer y un hombre los tallan, si es necesario, con una hacuela y una pica.

Elevación de los bloques

o.p.q.r. cuatro hombres provistos de una tira de cuero y de una almohadilla proveen a los mamposteros, ellos suben por los andamios o por escaleras. (peso de un bloque: 25 kg)

Elevación de los muros

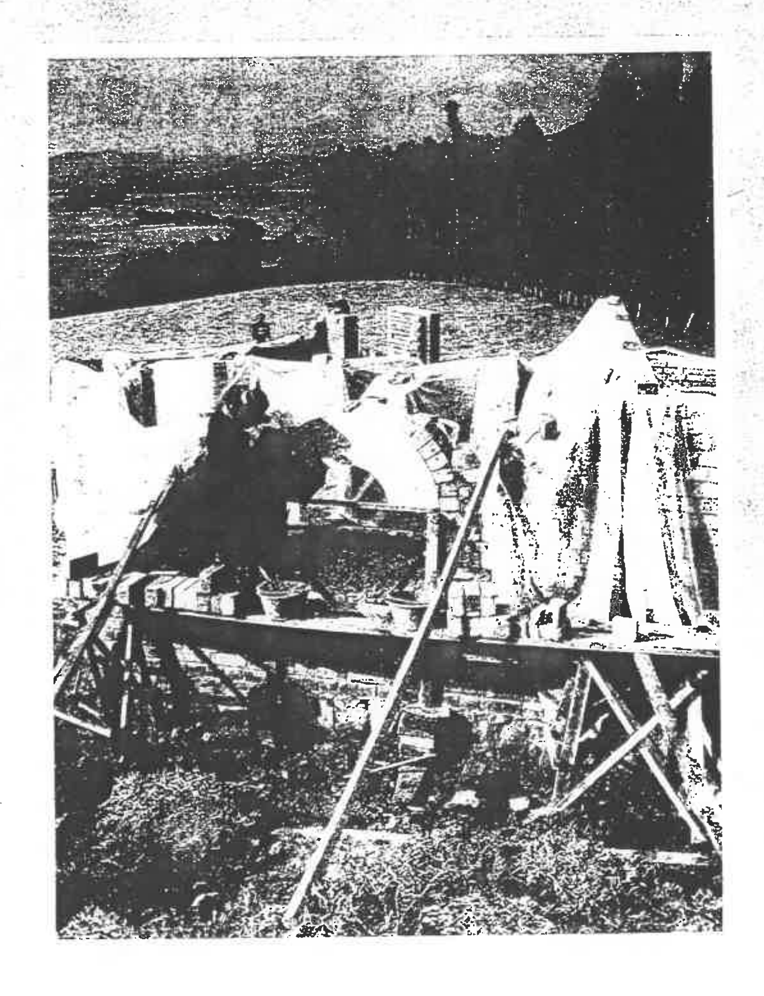
s.t.u.v. cuatro hombres colocan los bloques partiendo de los cuatro ángulos, se requieren dos palas de mortero para 1 1/2 o 2 bloques. Las juntas verticales son llenadas con bolitas de mortero. Nota: son las mujeres quienes llenan los exteriores, una vez el muro está acabado.

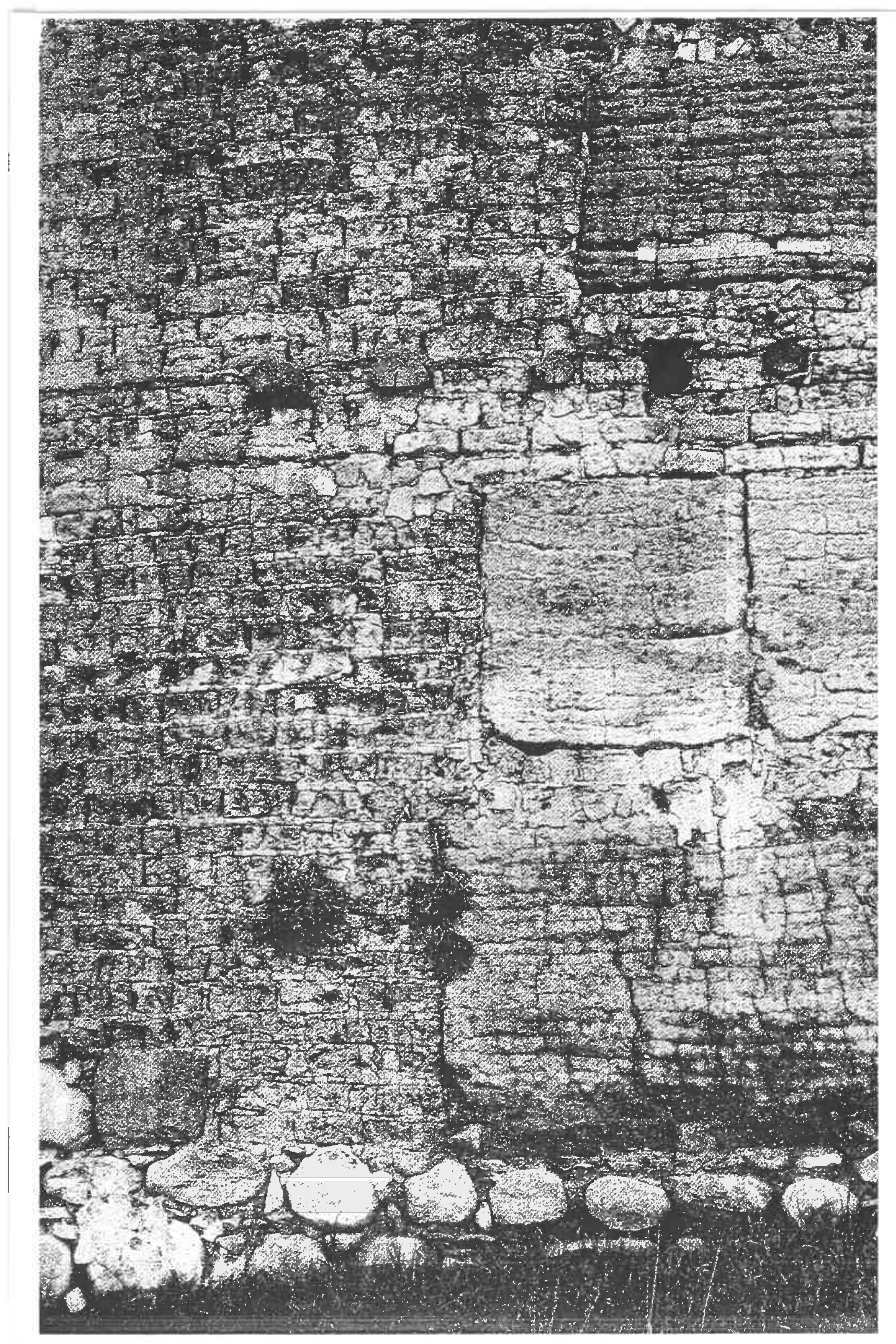
La lista a continuación no pretende ser exaustiva, sino presentar una idea general de algunas de las actividades en el campo de la investigación sobre el material tierra.

PAIS	TEMA	CONTRATANTE	EJECUTOR
Alemania	Nuevos métodos de construcción Material para la construcción de bloques prensados Etnología - hábitat con tierra		GESANTHOCHSCHULÈ KASSEL KRUPP FROBENIUS
Inglaterra	Estabilización con cal Prensa hidráulica Pañetes (cemento-sisal)		BRE BRE ITDG
Australia	Panorama mundial de la arquitectura con tierra		HOWARD
Bélgica	Material para la producción Tecnologías de construcción con tierra adaptados a los países en vía de desarrollo	AGCD UNCHS	UNATA PLATBROOD KU LEUVEN UC LOUVAIN AVEC CRATERRE
Brasil	Material de producción para bloques prensados		TORSA - TECMOR
Costa de Mafil	Bloques prensados		IBTP
Dinamarca	Estabilización Laterita Cal Material de producción bloques prensados		LATOREX LATOREX
Francia	Busqueda exploratoria - Definición de campos de la investigación Cristalización en frío — extrusión de bloques huecos estabilizados con cemento Definición de las técnicas Protección del material tierra — Estudio sobre la evolución de la tapia pisada en los siglos 18 y 19 en Europa Prensa +material de producción Lo óptimo en la construcción con tapia pisada Tierra reforzada estabilizada — vigas — entrepisos — amarres Habitat con tierra en Lyon Termico Estabilización Bloques huecos aislantes en lieja, rellenos con tierra Arcos - bóvedas - domos Nomras Encofrados Pañetes modernos La arquitectura con tierra en el mundo	PLAN CONSTRUCTION PLAN CONSTRUCTION PLAN CONSTRUCTION PLAN CONSTRUCTION DIRECTION DE L'ARCHITECTURE PRIVE PLAN CONSTRUCTION PRIVE	UPAG CRATERRE CTTB INSA AGRA CRATERRE GROUPE PISE AGRA UPAG - CNRS - UPA LYON A VENIR CUST UTI - BTP CMRS ATELIERS MEDITERRA-NEENS EXPERIMENTAUX - CRATERRE - PENICAUD STASOL - LAVAU - CEBCA - GEOPOL STUDIE ENTPE - UPAG CSTB COUDERC - TERRE ET SOLEIL CSTB JEAN DETHIER CCI

PAIS	TEMA	CONTRATANTE	EJECUTOR
Alto Volta	Arquitectua		ADAUA
India	Architecture Pañetes		CBRI CBRI
Indonesia	Destecnificación del proceso Latorex		UN
Kenya	Pañetes (cemento - sisol)		
Mexico	Prensas Reestructuración de documentos existen	PRIVE N.U.	 N.U.
Nigeria	Vigas en Laterita estabilizada		UNIV. OF LAGOS
Perú	Habitat sismoresistente Prensa adobe Métodos para la difusión Normas Bloques estabilizados		VIVIENDA CRATERRE PEROU CRATERRE PEROU VIVIENDA COBE COBE
Senegal	Pañetes		CEREEQ
Suiza	Material para la producción: — mezcladores — pulverizadores — prensas Bloques prensados con acabado exterior en tierra cocida Domos		CONSOLID MEILI EPFL EPFL
Togo	Bloques prensados Pañetes (estabilizantes naurales—		CCL CCL
Turquía	Normas		
U.S.A.	Térmico Material de producción para el adobe Material de producción para los bloques prensados Material de producción para la tapia pisada Estabilizacion adobe: — identificación — restauración, etc. Habitat sismoresistente		BICKLE GROUP QUIXOTE ADOBE SMITH BUILDERS REII DEPT OF COMMERCE INTERECT

Actualidad colombiana





12 Actualidad colombiana

Víctor Schmid, el arquitecto que en Colombia rescató la construcción con tierra

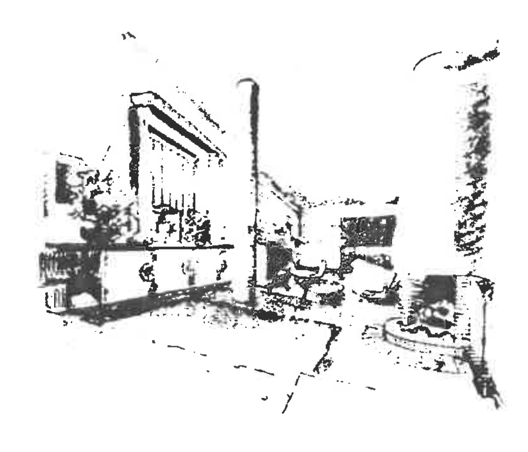
En el año 1940, llegó al país, procedente de Suiza, el arquitecto Víctor Schmid, a quien se puede considerar como un precursor en la utilización de las técnicas de construcción con tierra. Su abundante obra, de marcado estilo, alcanza la madurez al llegar a Colombia. Su actitud de respeto hacia el medio, lo lleva a profundizar en el conocimiento de éste, para poder producir una obra que no chocará dentro del contexto físico y social. Ya antes de venir se había maravillado con la arquitectura vernacular de los pueblos italianos, pero no se sabe si conoció los experimentos que se estaban haciendo en Europa, sobre construcción con tierra en aquella época.

En Colombia, lo impactó la arquitectura rural, el "rancho", como concepto espacial y técnico. Los espacios reducidos, abrigados, la difusión de la luz, la solidez de los muros, la flexibilidad de la técnica, la calidez tactil y visual de la tierra, fueron algunos de los valores que reconoció en el rancho y que trabajó en sus proyectos posteriores. Hasta el año de su muerte, ocurrida en 1984, elaboró más de 200 proyectos, entre ellos cerca de 30 construidos con tierra; la mayoría en tapia pisada, y algunos en adobe o bahareque pañetado con mortero de cemento. La mayoría de estos proyectos se encuentran ubicados en zona rural, debido a la dificultad para obtener la aprobación en las oficinas de planeación cuando se trataba de proyectos urbanos.

En sus últimos años decía que sus colegas colombianos "no saben que una pared de tapia pisada vale tres veces menos que un muro de ladrillo y resiste más" y aseguraba que hay que "recoger cosas y volver un poco atrás, para avanzar mejor y más rápidamente". (Fig. 1). Schmid fue un arquitecto integral que tra-



FIGURA 1: FOTOGRAFIA DEL ARQUITECTO VICTOR SCHMID



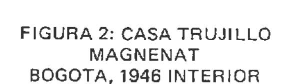


FIGURA 2: CASA TRUJILLO MAGNENAT BOGOTA, 1946 INTERIOR

bajó cada proyecto desde lo general hasta el más mínimo detalle. Incluso el mobiliario era diseñado y producido en sus talleres. Es notable también la calidad de la expresión de sus planos. Su obra responde a las necesidades de protección y cobijo, del disfrute de la calidez del hogar y de la percepción de variadas sensaciones espaciales, constantes en la historia de la humanidad (Fig. 2).

Su primer proyecto en Colombia fue la remodelación del rancho Klotz, localizado en el barrio Tunjuelito en Bogotá, y realizado en 1940. (Fig. 3), Fue este su primer contacto con la tapia pisada. El arquitecto vio allí la gran potencialidad del material. No se atrevió sin embargo a utilizar la tierra sola sino que tratando de mejorar sus características la combinó con el cemento. Y para lograr mayor variedad de texturas, involucró dentro del muro otros materiales como piedra, trozos de ladrillo, cascajo... El proceso de estabilización produjo un material de excelente calidad, a pesar que el apisonado se hacía en capas muy gruesas, de 30 cms de espesor y con un pisón precario: una tabla servía de ariete y estaba clavada a un mango de madera. La textura amable y la sensación de solidez de los muros gruesos, eran aprovechados en sus viviendas. Apreciaba además la gran economía que representaba el uso de la tierra y las múltiples posibilidades que le ofrecía la formaleta, la cual debido a su sencillez, le permitía concebir múltiples formas. Las plantas de sus proyectos construidos con tapia pisada tienen quiebres y curvaturas, dispuestos con una gran libertad. Usaba una formaleta pequeña, compuesta por dos paneles de 1.20 cms de longitud X 90 cms de altura, fabricados con tablas burras (a = 30 cms, e = 3.5 cms), las agujas y los parales eran de madera y sostenidos en la parte superior por cuerdas. (Figs. 4-5).

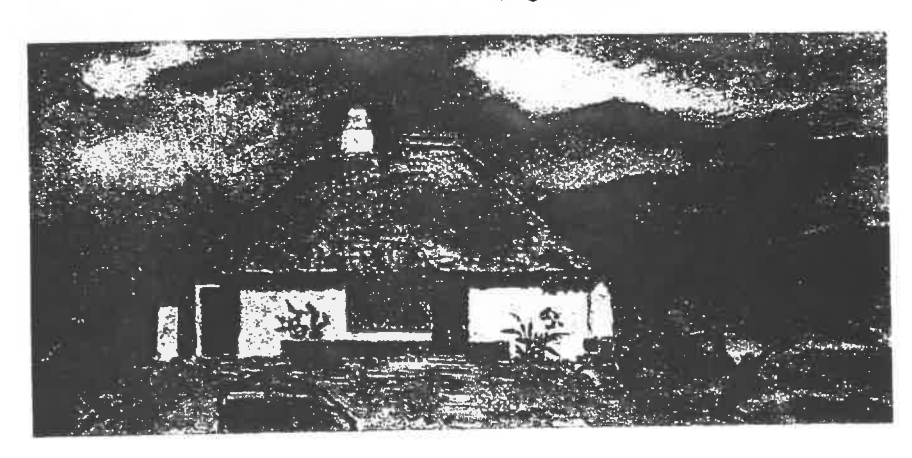


FIGURA 3: REMODELACION RANCHO KLOTZ. TUNJUELITO, BOGOTA 1940

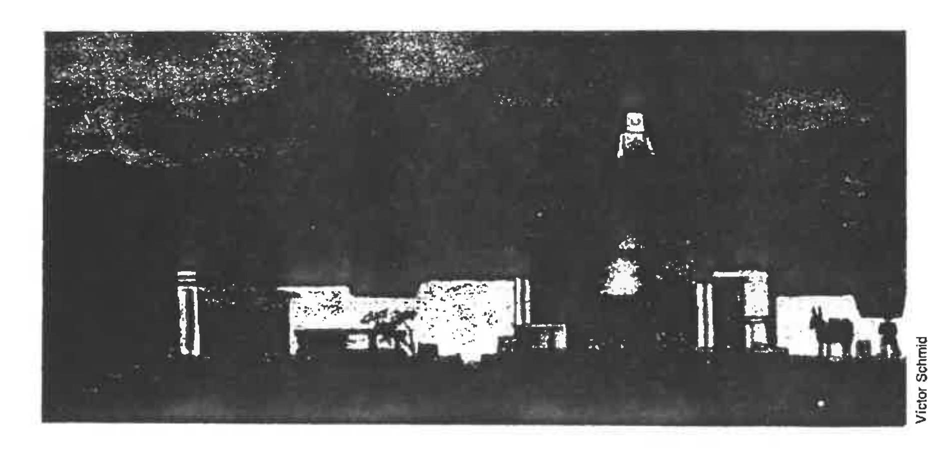

Víctor Schmid

FIGURA 3b: REMODELACION RANCHO KLOTZ TUNJUELITO, BOGOTA 1940

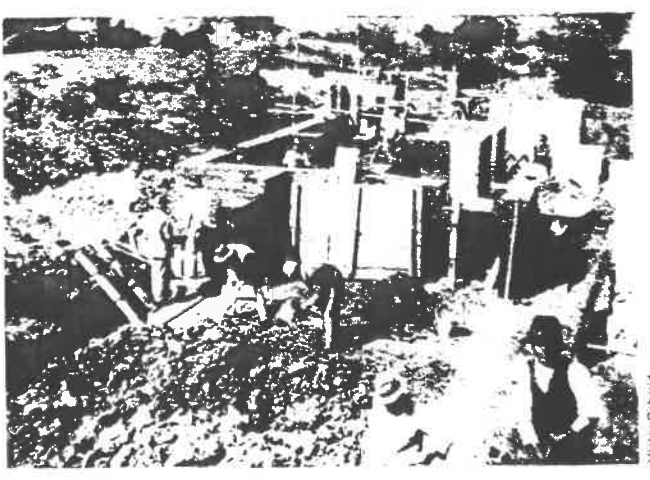

Víctor Schmid

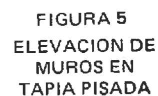
FIGURA 4: MUROS EN TAPIA PISADA

Se conoce muy poco sobre la forma como utilizó el adobe, pero parece ser igual al adobe tradicional. Aparentemente en ocasiones lo combinó con la tapia pisada pero siempre en menor proporción, como en la casa Hoeck, en Guasca, Sabana de Bogotá (1941), en una casa de campo en La Unión, Cundinamarca (1941) y en la casa Luis J. Marino, en Cota, Cundinamarca, (1955). Sólo uno de sus proyectos fue realizado totalmente en adobe: se trató de la remodelación de una vivienda rural en la finca "Boita", Sabana de Bogotá.

El bahareque, fue utilizado en los segundos pisos de las casas. Consistía en la aplicación de mortero de cemento sobre esterilla de guadua, para formar muros huecos, muy livianos. La estructura de madera aparecía a la vista. No se trataba ciertamente de una técnica de construcción con tierra sino de la adaptación de una técnica tradicional. Aunque la mayor parte de su producción fueron viviendas unifamiliares, urbanas y rurales, también elaboró proyectos para otros usos, como restaurantes, hoteles, escuelas, colegios y otros. Entre ellos vale la pena destacar el Colegio Helvetia (tapia pisada), en Bogotá (1952-54), el Plan Piloto de escuelas de Desarrollo Progresivo (tapia pisada), propuesto a la Gobernación de Cundinamarca en 1970. (Fig. 6) el Pueblito de Suinza (tapia pisada) en la Sabana de Bogotá, (Fig. 7) y el proyecto de la Urbanización Areneras, en Bogotá, propuesto en 1961 para ser construido en tapia pisada y que desafortunadamente no se ejecutó.

La urbanización Areneras, fue un proyecto de interés social, que intentó procurar una vivienda digna a los invasores de un área urbana localizada en la parte oriental de la Universidad Javeriana, que vivían en tugurios. Pensando que estos




FIGURA 5
ELEVACION DE
MUROS EN
TAPIA PISADA

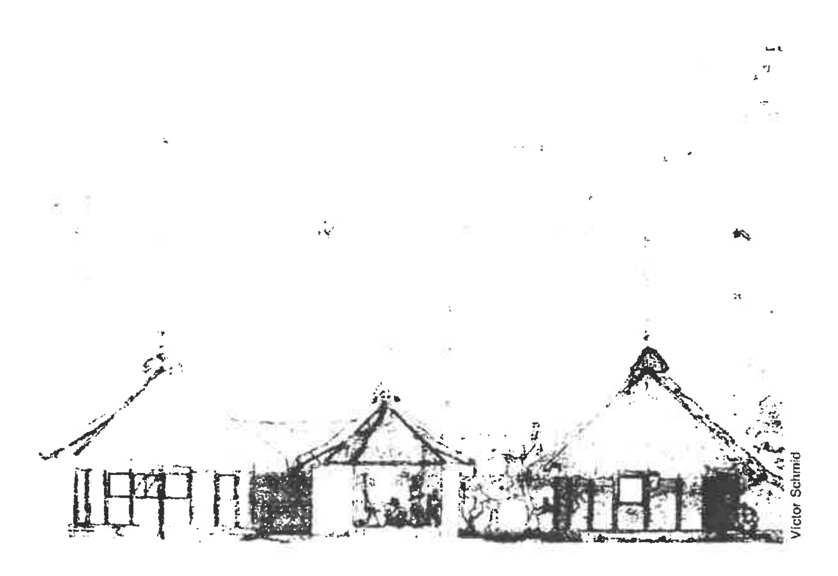


FIGURA 6: PLAN PILOTO DE ESCUELAS DE DESARROLLO PROGRESIVO, CUNDINAMARCA, 1970 UNIDAD BASICA

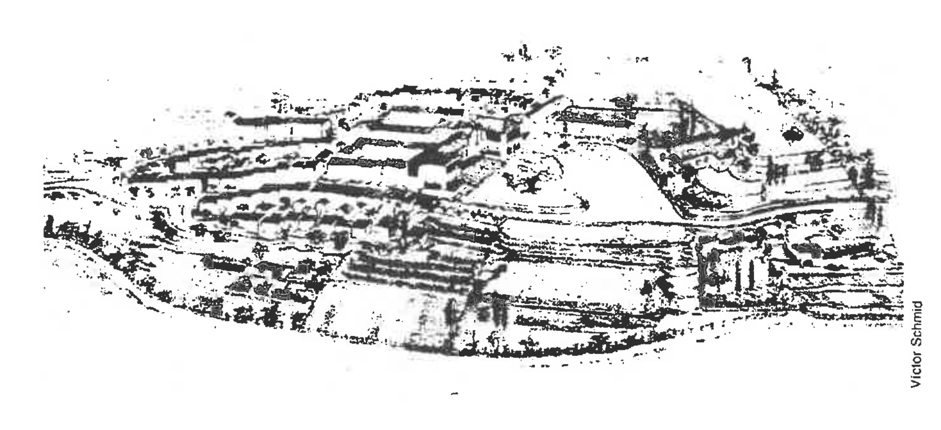


FIGURA 7: BOSQUES DE SUINZA BOGOTA, 1976 PERSPECTIVA

campesinos migrantes podían beneficarse de los bajos costos que se lograban con la tapia pisada, Schmid logró que el propietario del terreno invadido lo cediera para edificar la urbanización, y consiguió entre sus amigos los recursos económicos para ello. La construcción debía ser realizada por los beneficiarios, para quienes sería fácil aprender esta técnica y tendrían un habitat similar a aquel de donde provenían. (Fig. 8). El mismo concepto de rancho, con diferentes propuestas según el tama-

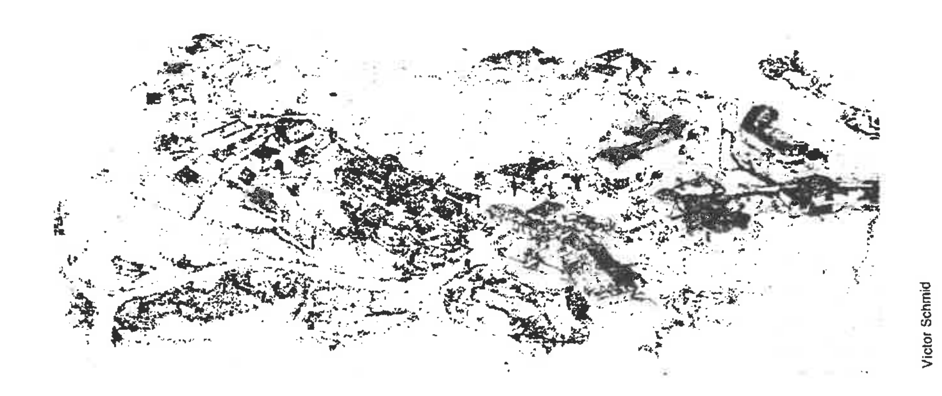


FIGURA 8: PROYECTO "CERRO ARENERAS" BOGOTA, 1962 LOCALIZACION

ño de las familias, y con posibilidades de crecimiento progresivo, fue aplicado esta vez. Las fachadas, con su sello característico, tenían mucho de la arquitectura popular. Aunque tenía planteamientos muy interesantes en cuanto al tamaño de los lotes, la distribución urbana y de los diferentes tipos de vivienda, no pudo realizarse debido a la oposición de los vecinos que temieron que al consolidarse ese barrio, se desvalorizaran sus propiedades.

Vivienda rural en Tabio-Cundinamarca-, construída con bloques de tierra prensada, 1985

Diseño y construcción: ARIT, (Arquitectura e Investigación en Tierra)

Esta casa de recreo de propiedad de una familia bogotana de ingresos medios altos fue construida empleando técnicas experimentales. Desde el punto de vista arquitectónico se trataba de utilizar las cúpulas y bóvedas, con todo el lenguaje derivado de ello, medir la aceptación cultural de estas formas dentro de un medio muy heterógeneo, y su posible apropiación por parte de los campesinos de la región que fueron contratados para realizar la construcción. Parte del amoblamiento, como guardaropas, nichos, estufa, chimenea, fueron construidos utilizando el mismo material. En el aspecto técnico-constructivo, se trataba de rescatar la prensa Cinva-ram, dándole una nueva posibilidad de uso, más económica, que hiciera competitivo el material que se produce con ella. Se produjeron bloques de tierra y de tierra-cemento, utilizando diferentes tierras y proporciones de estabilizante, y se diseñaron y utilizaron plantillas para producir bloques de formas y tamaños especiales. Se pretendía también tener una aproximación mucho más real a los costos y rendimientos.

Asimismo se construyeron pisos especiales, fabricados en la prensa, y pañetes que no habían sido utilizados convencionalmente, para observar su desgaste y comportamiento. Se hizo el estudio detallado de los aparejos y las uniones entre los muros y los diferentes sistemas de cubierta.

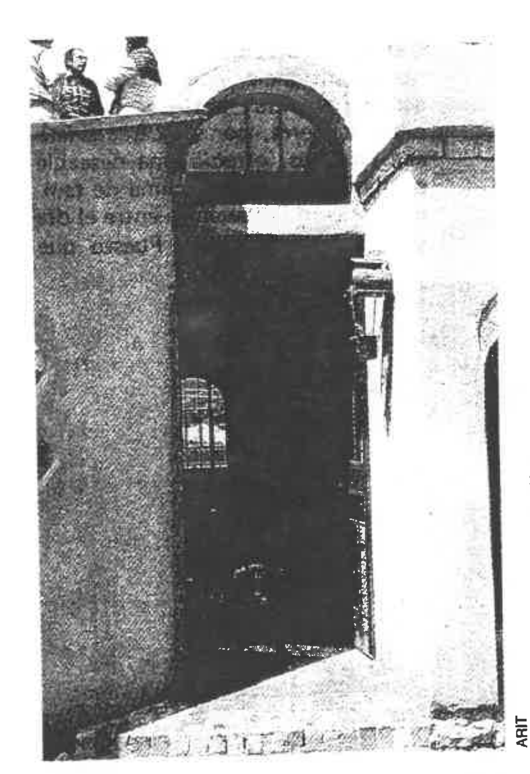
Se diseñó y comprobó un nuevo sistema de cubierta consistente en unas bovedillas, construidas con bloques de suelo cemento, que resultó muy práctico y económico.

Clima

Tabio está localizado en la Sabana de Bogotá, al Norte de la capital del país. Clima: frío. Precipitación anual: 1.500 mm. El período de lluvias comienza en abril y se prolonga hasta mediados de junio, para recomenzar en septiembre y terminar a principios de diciembre. Temperatura promedio: 13°C.

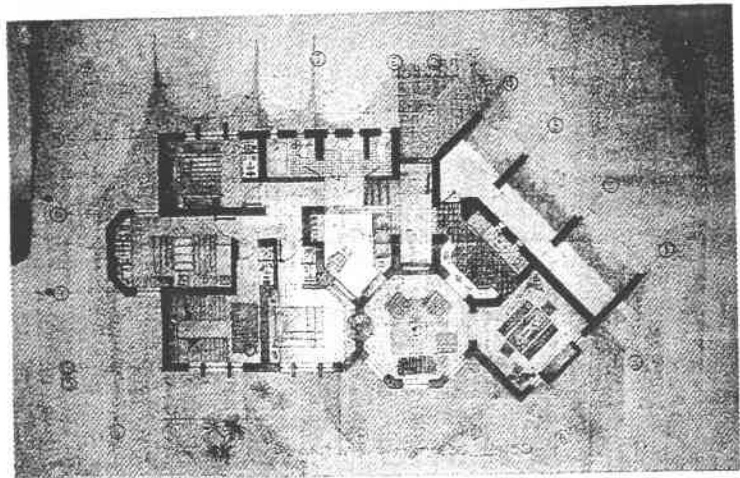
Descripción Arquitectónica

La carretera accede al terreno desde la parte alta y es allí donde se localizó la vivienda, sobre el terreno inclinado, lo cual permite dominar visualmente todo el valle del Riofrío. La casa de un sólo piso consta de salón, corredor de acceso, tres alcobas, baño múltiple, "estar" de alcobas, cocina, depósito y zona de ropas cubierta. **(Fig. 1). Alrededor** del salón, de planta octogonal y que se destaca en el centro porque es el único espacio que está cubierto con una cúpula, se localizan los demás espacios. El corredor de acceso, cu-



ARIT

ACCESO EN
BOVEDA DE MEDIO PUNTO
EN BLOQUES DE TIERRA
PRENSADOS

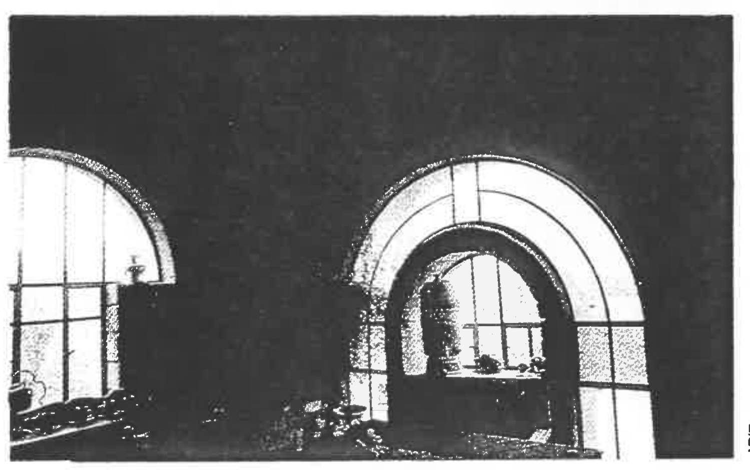


ARIT

FIGURA 2: PLANTA DE LA
VIVIENDA Y SUS ESPACIOS
AMOBLADOS CONSTRUIDOS
EN UN PISO

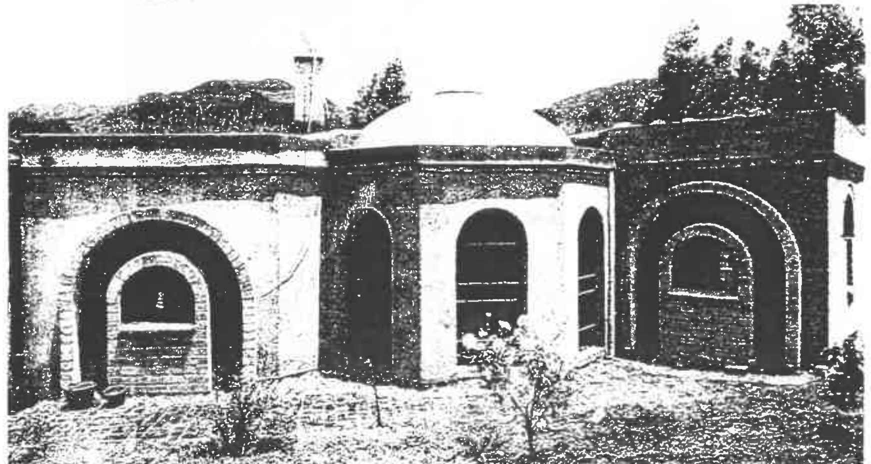
bierto con una bóveda de planta rectangular dirige hacia el salón (Fig. 2). En el resto de la casa se utilizó la cubierta en bovedillas.

Al utilizar la tierra cruda y sin estabilizar como material básico de construcción se pretendía lograr una importante economía en el transporte de los materiales, que por la distancia y la dificultad de acceso, era muy costoso. Por otra parte la tierra, por sus características térmicas, ofrecía una deseable protección contra el clima de temperaturas muy variables entre el día y la noche. (Fig. 3). Puesto que



ARIT

FIGURA 3: INTERIOR DEL COMEDOR. MUROS EN BLOQUES DE TIERRA Y CUBIERTA CON EL SISTEMA DE BOVEDILLAS



ARIT

FIGURA 4: ALZADO OCCIDENTAL.

no se trata de una región de alta sismicidad, solamente se previeron amarres en la parte inferior y superior de los muros, pero no columnas. En el diseño, se tuvieron en cuenta las recomendaciones respecto a la localización y el tamaño de los vanos y todas las normas de protección contra la humedad. Después de un análisis previo de costos, se concluyó que era más económico hacer los muros en bloques de tierra y pañetar, que estabilizar todos los bloques y no utilizar pañete. (Fig. 4). **No existen aleros, sólo una al**fajía en la parte superior de los muros, protege de la lluvia. Las aguas subterráneas y superficiales, a nivel de piso, se recogen con un drenaje que las conduce lejos de la casa. (Fig. 5). Durante la construcción se vigiló cuidadosamente la correcta realización de los aparejos al igual que todas las reglas que debe cumplir una buena mampostería.

Descripción Técnica

Cimientos: Concreto ciclópeo. (Piedra zonga 60%, hormigón 40%).

Amarre: Viga de hormigón armado (15 cms. x 20 cms) incluída dentro del cimiento.

Sobrecimiento: Mampostería en piedra hasta una altura de 30 cms. Mortero impermeabilizado.

Muros portantes: En bloques de tierra prensada. e=30 cms.

Muros divisorios: En bloques de tierra prensada e = 15 cms.

Amarre superior: Viga de hormigón armado confinada dentro del muro. (15 x 20 cms.)

Cubiertas: Cúpula esférica sobre pechinas y bóveda de cañón en baldosas de suelo-cemento, mortero de

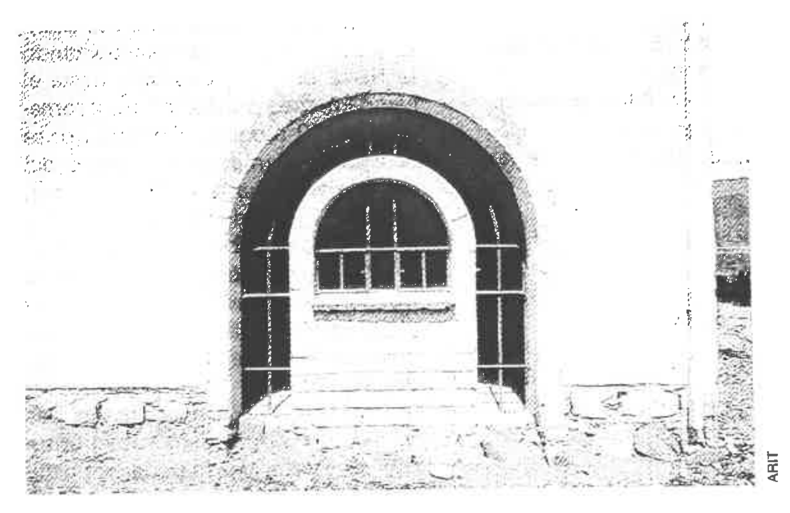


FIGURA 5: ALZADO DE VENTANA, EVACUACION Y PROTECCION DE AGUA LLUVIA Y DE ESCORRENTIA.

pega dé cal y arena. Bovedillas en bloques de suelo-cemento, sobre estructura de madera rolliza.

Impermeabilización: Se aplicó inicialmente un mortero de cemento impermeabilizado, el cual debió ser reemplazado luego por un manto asfáltico, más flexible. En consecuencia, las jardineras previstas inicialmente sobre las cubiertas debieron ser retiradas.

Vanos: Arcos hasta el piso en puertas y ventanas para evitar las grietas que se forman en los muros en la parte inferior de las ventanas.

Pañetes exteriores: Se aplicó en dos etapas después de preparar los muros para mejorar la adherencia. La primera capa de 1.5 cms. se hizo con un mortero de cal y arena (1:6), la segunda más delgada tenía además polvo de ladrillo, en proporción 1:1:5.

Pañetes interiores: Enlucido tirolés compesto por arena y cal, en proporción 1:5. En el baño se aplicó un mortero de cemento impermeabilizado colocado sobre malla de gallinero.

Ventanería y puertas: Angulo de hierro y vidrios. Las pequeñas divisiones de las puertas y ventanas reemplazan las rejas.

Estufa a carbón y chimenea: Bloques de tierra prensada pegados con mortero de tierra con melaza.

Producción de los bloques

Para la construcción fue necesario producir alrededor de 20.000 bloques. La tierra extraída con una retroexcavadora resultó de la adecuación del terreno. Se trataba de una tierra muy arcillosa, razón por la cual se ensayó mezclarla con arena de peña. Más adelante sin embargo, cuando esta tierra se agotó, se explotó otra mina situada a unos 100 metros, resultando apto este material para fabricar los bloques sin mezcla. En este caso la extracción se hacía manualmente. Los grumos gruesos que quedaban después de la cernida de la tierra fueron molidos con un rotocultivador (rotowitor), herramienta utilizada en los tractores para las labores agrícolas. Una vez cernida la tierra, se transportaba en una volqueta al depósito situado junto al campamento donde se fabricaban los bloques y posteriormente se cubría (Fig. 6).

Dos obreros trabajando en la prensa y dos tamizando y transportando la tierra desde el depósito hasta el campamento, producían un promedio de 350 bloques diarios; estos se dejaban sin amontonar dentro del campamento, hasta el día siguiente. Cada día, antes de comenzar a prensar, se acomodaban los bloques en el área de almacenamiento, donde los montones eran protegidos con un plástico de las lluvias y del sol, para evitar un secamiento demasiado rápido que pudiera provocar fisuras (Fig. 7). Dependiendo del clima los bloques demoraban entre 5 y 30 días antes de poder ser utilizados. Probados en laboratorio tuvieron una resistencia de 17 Kg/cm2.



ARIT

FIGURA 6: PRODUCCION DE BLOQUES: AREA PARA LA MANIPULACION DE LA PRENSA

Construcción

El mortero utilizado para pegar los bloques se preparó mezclando tierra con arena de peña, dentro de una fosa cavada en el suelo. Se dejaba reposar la tierra con el agua y se pisaba con los pies. Las juntas verticales y horizontales de la mampostería, de 1,5 cms de espesor, y alternadas, siguiendo minuciosamente los planos de detalle que se habían preparado para tal efecto. Se levantaron simultáneamente todos los muros de la casa para evitar asentamientos diferenciales, y se cuidó especialmente el empate en los cruces de los muros. (Fig. 8). Las forformaletas utilizadas para la construcción de los arcos no sufrieron ningún daño, puesto que se trata de una obra seca, además se pueden reutilizar tan pronto como se termina la construcción de cada arco. (Fig. 9).

El material utilizado en todas las cubiertas fue estabilizado con cemento al igual que el de los pisos. La construcción de la cúpula se hizo en un tiempo record: una semana entre dos obreros: uno de ellos alcanzaba al otro los materiales. Se utilizaron baldosas de tierra

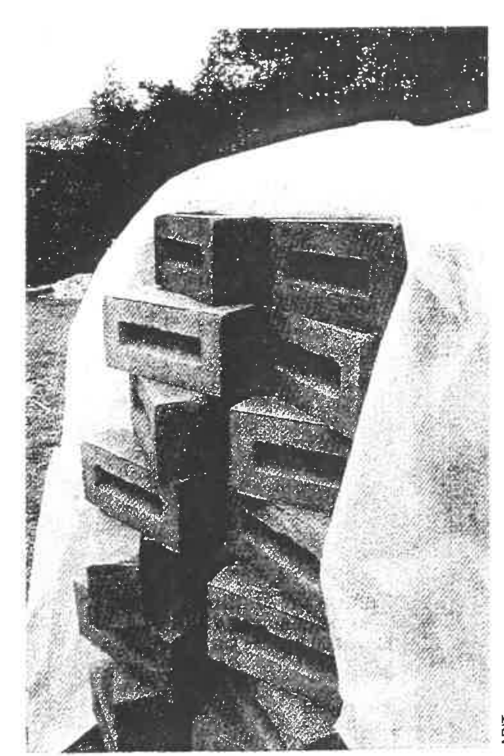


FIGURA 7: PRODUCCION DE BLOQUES: AREA DE SECADO Y ALMACENAMIENTO

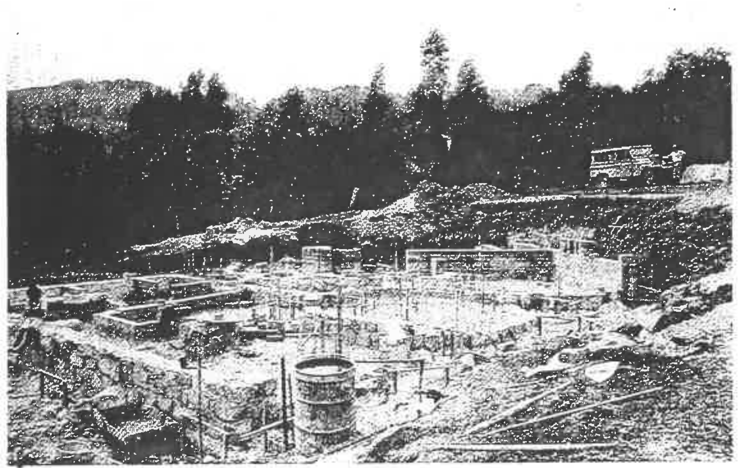


FIGURA 8: PROCESO CONSTRUCTIVO: ELEVACION DE LOS MUROS.

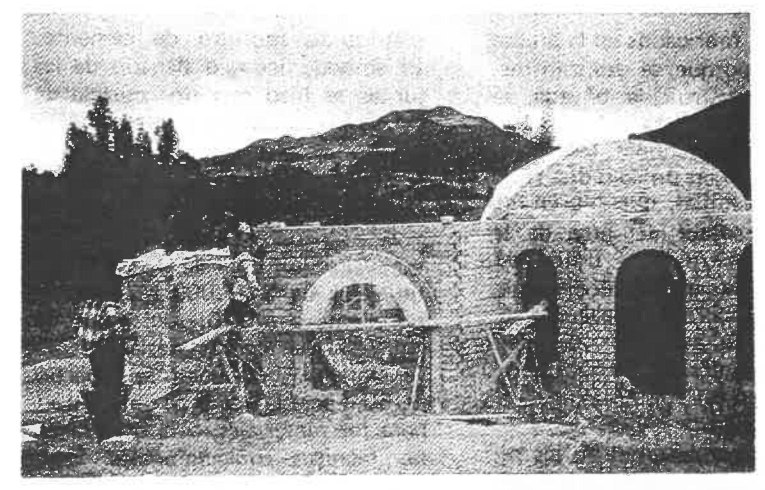

ARIT

FIGURA 9: PROCESO CONSTRUCTIVO: MAMPOSTERIA Y CONSTRUCCION DE ARCOS.

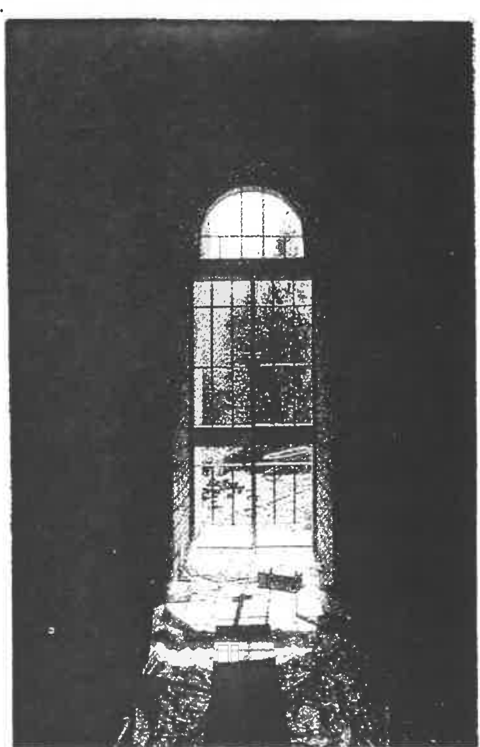

ARIT

FIGURA 10: INTERIOR DE BOVEDA DE MEDIO PUNTO.

estabilizada, fabricados en la prensa Cinva-ram, porque se deslizan menos. Para construir la bóveda, se desplazó la formaleta del arco a lo largo de dos planchones. Dos obreros la hicieron en un solo día. (Fig. 10). Las bovedillas, que cubren un mayor porcentaje del área de la casa, se construyeron utilizando una formaleta muy sencilla que, apoyándose sobre las vigas de madera, permitía aumentar el rendimiento y la uniformidad. Dos obreros producían así 10M2/día.

Para fabricar el material de los pisos, se colocaba mezcla de cal apagada y polvo de ladrillo en el fondo del molde y se llenaba el resto del molde con tierra mezclada con cemento. Fue logrado así un material de hermosa apariencia y color, y de magnífica resistencia a los esfuerzos de rozamiento. Se colocó como cualquier piso de baldosas, empleando mortero de cemento. El emboquillado, o llenado de las juntas se hizo con una mezcla de cal, polvo de ladrillo y agua.

Costos

La evaluación final de costos arrojó un valor de $ 17.000 M2, correspondiente a un 70% del costo de construcción con materiales convencionales. Este valor se repartió en 60% para la mano de obra y 40% para los materiales, a la inversa de las técnicas convencionales. Esto permite suponer que al ser utilizado este material en la autoconstrucción, se pueden disminuir los costos de manera significativa. El mayor ahorro se obtuvo en la constrcción de las cubiertas, para las cuales los materiales ofrecidos en el mercado son muy costosos o de baja calidad.

Construcción de 23 viviendas rurales en Palocabildo -Tolima-, 1987

Diseño arquitectónico: FUNDEMOS (Fundación para el Desarrollo Popular de Manizales y Caldas), con participación de la Comunidad beneficiada.

Construcción: Autoconstrucción dirigida por FUNDEMOS.

Asistencia Técnica: ARIT (Arquitectura e Investigación en Tierra).

La construcción comenzó en febrero y terminó en septiembre de 1987. Un mes después se inauguró la vivienda modelo, sobre cuyo diseño se hicieron las modificaciones definitivas, que consistieron principalmente en el cambio de algunos muros divisorios. Esto contribuyó a aumentar la participación comunitaria en la ejecución de las otras viviendas.

El proyecto localizado en el límite Sur del casco urbano de la inspección de Policía de Palocabildo, se compone además de las 23 viviendas, de áreas de recreación, reforestación y zonas de cultivo. Asimismo se proyecta la construcción de un ancianato. (Ver plano 1).

Palocabildo situado en el Norte del Departamento del Tolima, a 1.200 metros sobre el nivel del mar, en la Cordillera Central; pertenece al piso térmico cálido.

Descripción arquitectónica

En el límite sur del terreno, siguiendo la topografía (20% de pendiente) y a lo largo del eje vial de penetración al lote (orientación: Oriente-Occidente), se localizaron las viviendas sobre terrazas escalonadas. Gracias a su ubicación, las viviendas disfrutan de una amplia vista sobre las zonas de recreación, arborización y cultivos del proyecto y el resto del poblado (Ver plano 2).

Las viviendas (de crecimiento progresivo), tendrán en su primera etapa (54 M2) un sólo piso, en el cual se encuentra el salón-comedor, dos alcobas, la cocina, el baño y un área de ropas en el patio. (Fig. 1). La ampliación prevista consiste en la construcción del segundo piso, para completar 84 M2. Dadas las dificultades de acceso a la zona que incrementaban notablemente el precio de los materiales, por concepto de transporte, se proyectó utilizar los recursos locales como tierra para los muros, pisos y pañetes y la guadua para la estructura de la cubierta.

Descripción Técnica

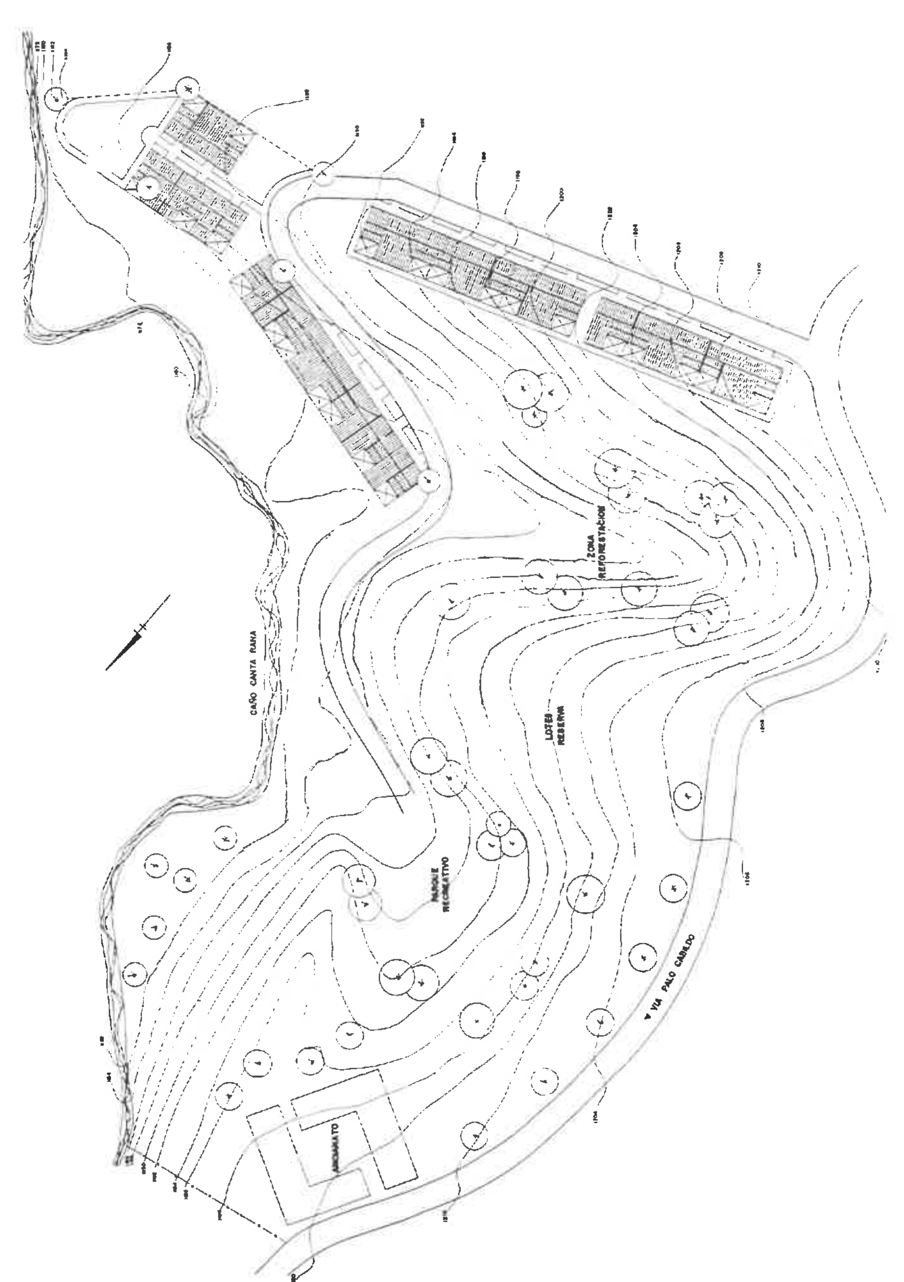
La estructura de las viviendas es en hormigón armado para las vigas y columnas (Fig. 2).

Cimientos: Viga de amarre sobre arena cemento.

Sobrecimientos: en bloques de suelo-cemento producidos *in situ.*

Muros: bloques de suelo cemento.

Remate de los muros: Viga de ama-



FUNDEMOS

PLANO 1: LOCALIZACION Y ZONIFICACION DEL PROYECTO.

FACHADA GENERAL

CORTE GENERAL

VIVIENDA ①

VIVIENDA ②

VIVIENDA ③

VIVIENDA ④

VIVIENDA ⑤

VIVIENDA DAMNIFICADOS	CONTRATISTA FUNDEMOS	LOCALIZACIÓN PALO CABILDO - TOL.	
	CONTIENE CORTES GENERALES	ESCALA 1:250	PLANCHA 4



PLANO 2: ALZADOS GENERALES DEL PROYECTO.

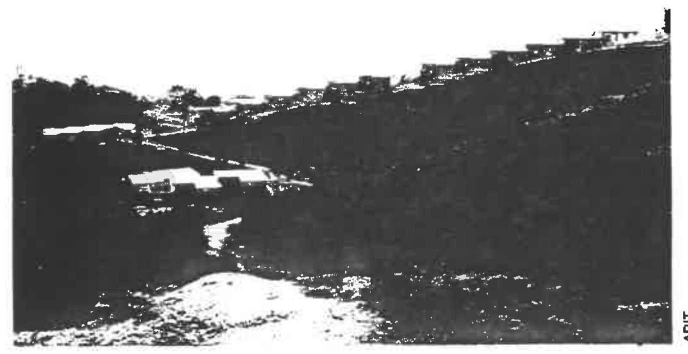


FIGURA 1: VISTA GENERAL (OESTE) DEL PROYECTO.

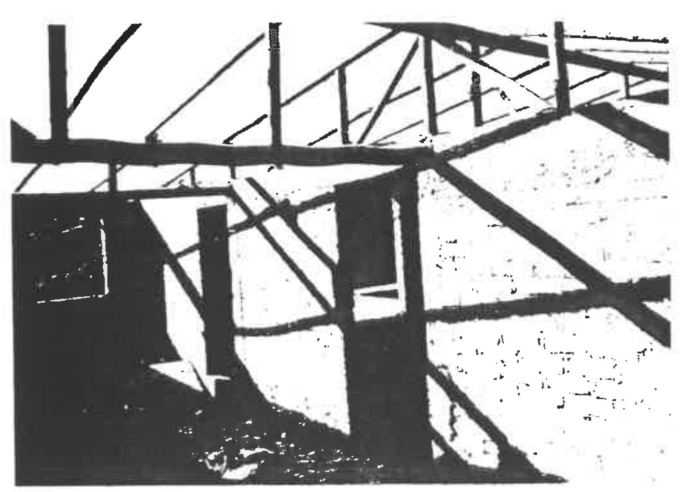


FIGURA 2: PROCESO CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA Y MUROS EN BLOQUES DE TIERRA-CEMENTO

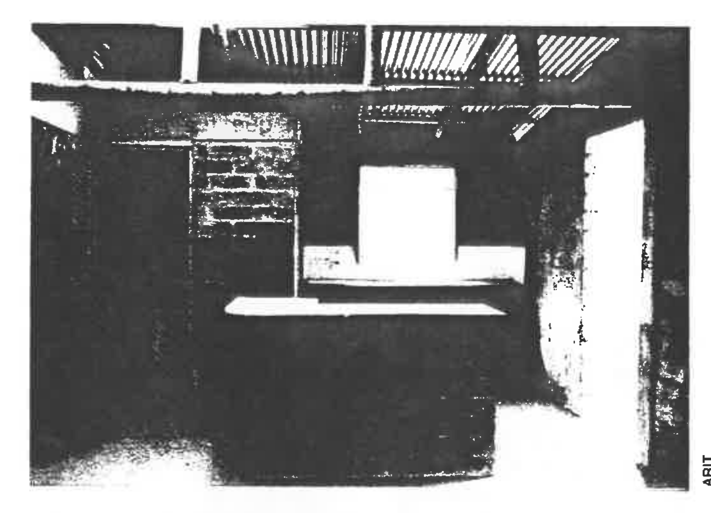
rre superior en hormigón armado.

Instalación hidráulica y sanitaria: PVC.

Alcantarillado: Tubos de cemento producidos *in situ.*

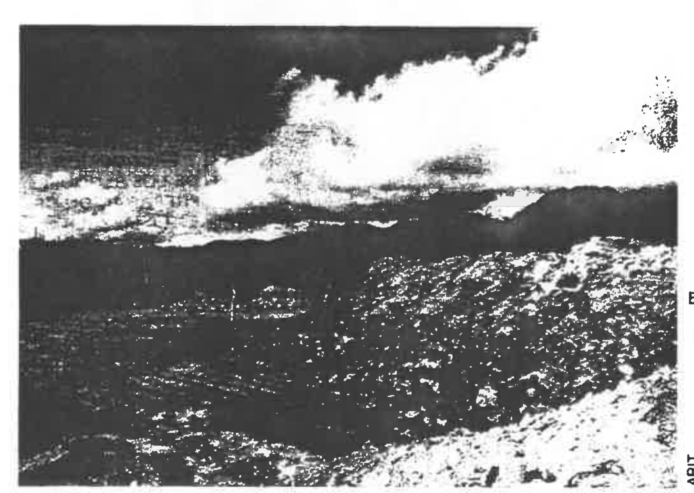
Cubiertas: Estructura en guadua y tejas en lámina de zinc.

Pisos: Placa de suelo cemento de 7cms de espesor colocada sobre una base de recebo apisonado. Afinado en cemento.



ARIT

FIGURA 3: VISTA DEL AREA DE SERVICIOS



ARIT

FIGURA 4: EXPLOTACION DE LA CANTERA

Pañetes: En suelo cemento (no se aplicó en todas las casas).

Carpintería: Madera para puertas y ventanas (pino).

Enchapes: En porcelana sanitaria en baños y cocina. (Fig. 3).

Producción de los bloques de suelo-cemento

Esta actividad se realizó con las familias beneficiarias del proyecto y como ellas no poseían el conocimiento respectivo, se programó y ejecutó la capacitación para el reco-

nocimiento de los suelos y la producción propiamente dicha. La cantera para la extracción de la tierra se localizó aledaña al terreno del proyecto. En este sitio se instalaron un par de zarandas (tamiz No. 4) para efectuar la cernida de la tierra que posteriormente era trasladada en carretillas al campamento de producción de bloques. Se utilizaron otras herramientas: picas, palas y barretones. Durante el período de producción que fue muy lluvioso, fue necesario remover dos veces la tierra con una retroexcavadora, con el objeto de desmenuzar las partículas y favorecer la aireación y secado de la tierra (Figs. 4, 5, 6, 7).

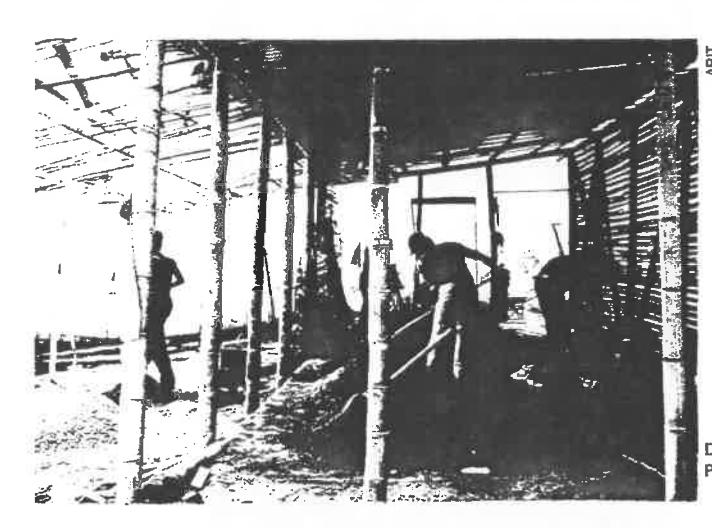


FIGURA 5: PRODUCCION DE LOS BLOQUES: PREPARACION DE LA MEZCLA



FIGURA 6: LLENADO Y PRENSADO DE LA TIERRA

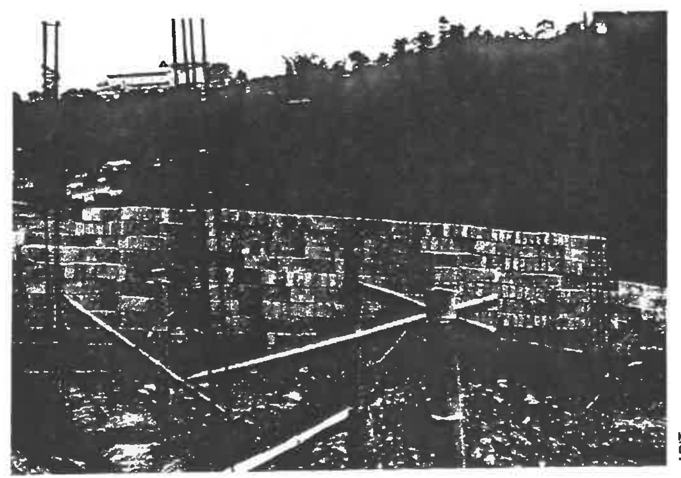


FIGURA 7: SECADO Y ALMACENAMIENTO DE LOS BLOQUES.

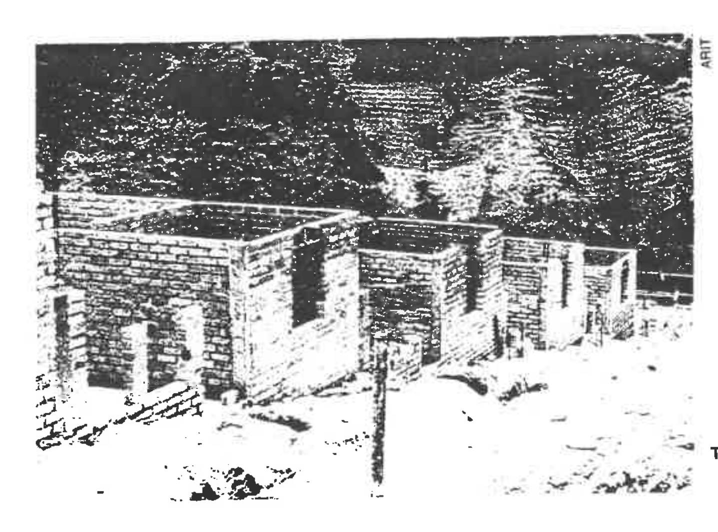


FIGURA 8: MUROS EN BLOQUES DE TIERRA-CEMENTO PRENSADOS.

Se produjeron 60.000 bloques utilizando dos prensas Cinva-ram, instaladas dentro del campamento. En cada prensa una pareja de hombres jóvenes se encargaba de la manipulación, mientras un tercero preparaba la mezcla de tierra estabilizada con cemento al 9% en pequeñas cantidades (suficientes para hacer 30 bloques), con el objeto de obtener una mezcla homogénea. El fraguado de los bloques se realizó en un espacio anexo al campamento. La producción de los bloques se

ejecutó en forma continua durante el levante de los muros de tal forma que no se requería un espacio muy grande, en obra, para el almacenamiento de aquellos.

Muros

El espesor determinado para los muros corresponde al ancho del bloque (0,14 m). (Fig. 8). Para el mortero de pega se utilizó la misma mezcla de los bloques a la que se le agregó arena de cantera. La mezca utilizada para los pañetes 1:5 (cemento: arena) se colocó en dos capas, siendo la del acabado bastante líquida. Previo a la aplicación de los pañetes se colocaron varias muestras con diferentes mezclas que fueron expuestas al viento y lluvia (durante el desarrollo de la obra), para finalmente escoger aquella que presentó buena adherencia y acabado.

Costos

El promedio de costo por m2 de construcción (obra negra) era aproximadamente de $14.000.00 en la zona, en este proyecto los ahorros logrados permitieron obtener a $9.000 el m2 de construcción.

Aldea campesina en suelo cemento, Aratoca -Santander-, 1984

Diseño Arquitectónico: CINEP, (Centro de Investigación y Educación Popular), equipo interdisciplinario.

Construcción: La Comunidad fiquera con la dirección del equipo CINEP.

Consultoría técnica: ARIT (Arquitectura en Investigación en Tierra).

Antecedentes del Proyecto: El Comité de Vivienda del Sindicato de Cultivadores y Artesanos del Fique SINTRAFIQUE solicita en agosto de 1984 al CINEP asesoría técnica, educativa y organizativa para adelantar su proyecto de vivienda.

Aratoca, Municipio del departamento de Santander, localizado a 18 kilómetros de San Gil tiene un promedio de precipitación pluvial anual de 1.500 mm3. Cuenta aproximadamente con 4.500 habitantes y se encuentra a 1.700 metros sobre el nivel del mar.

Objetivos generales: Solucionar el problema de vivienda de una forma integral que contribuya a integrar los objetivos de la organización fiquera con una forma distinta de apropiación del espacio.

Objetivos específicos: Integrar a una nueva forma de tenencia de la tierra sistemas y materiales de construccion de consecución local y de bajo costo y llevar a cabo un proyecto que no contribuyera a agudizar los problemas de erosión de la zona.

Con el objeto de cumplir con los objetivos, el equipo desarrolló una investigación sobre materiales que concluyó con la recomendación de utilizar la tierra como material fundamental. (Fig. 1).

El proyecto para la aldea en lo referente a su producción agroindustrial comprendía esencialmente la diversificación de cultivos por medio de la implementación de cultivos asociados (fríjol, papa, higuerilla, cítricos, ...), sembrados de especies nativas para recuperación de suelos y detener la erosión, red interna para el abastecimiento y suministro de agua, taller de telares para los socios fiqueros, escuela, salón comunal y enfermería.

Descripción arquitectónica

El proyecto inicial de treinta viviendas comprendía en su primera etapa la ejecución de diez (módulos básicos, unidad productiva-sanitaria y ampliación). Dicho proyecto se desarrollaría en una zona altamente erosionada del departamento de Santander en zona de piso térmico.

El planteamiento urbanístico consistía en la creación de varios núcleos, evitando una centralización como en los centros comunales tipo. Cada grupo de tres casas tiene



FIGURA 1: VIVIENDA EN BLOQUES DE TIERRA-CEMENTO PRENSADO.

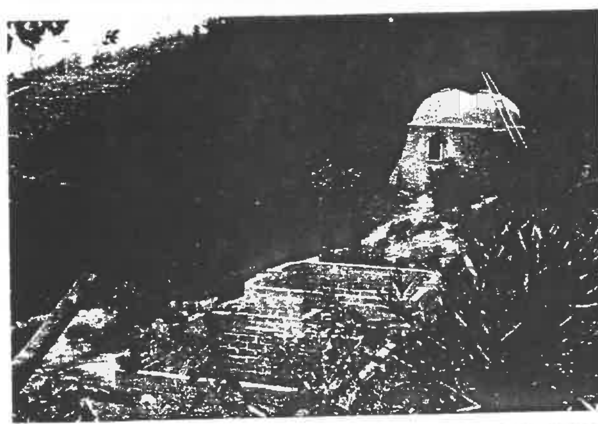


FIGURA 2: VISTA DE DOS VIVIENDAS: MUROS Y CUPULAS EN BLOQUES DE TIERRA-CEMENTO

la responsabilidad en el mantenimiento de uno de los centros. (Fig. 2).

El planteamiento arquitectónico, a nivel del conjunto, por medio de las construcciones delimitaba un espacio de huerta familiar. Interiormente, la arquitectura debía permitir "acolchonar" los fuertes cambios de temperatura (7 C° - 25 C°) que se presentan en la zona; y a ni-

vel individual separar las actividades de dormir de las actividades que culturalmente en la zona son sociales (las relacionadas con cocina y comida).

En la investigación sobre la arquitectura regional se observa en la zona dos tipos de expresión arquitectónica que corresponden a la cultura de tradición indígena (bohío) y la arquitectura ortogonal, de herencia española; en el proyecto se propone una síntesis arquitectónica, expresada en una planta ortogonal que termina en una cúpula. (Figs. 3, 4). El programa para la vivienda comprendía dos alcobas, corredor, "tomo" (para hilado de fique), corredor cocina (integrado con la unidad sanitaria). (Fig. 5). lavadero, patio para animales y huerta; y comprendía además: media torta y tienda.

Etapas del Proyecto

I ETAPA (agosto de 1984 a diciembre).

Estudios y aproximación al problema.

II ETAPA (enero de 1985...)

Ejecución del programa

1985

- Organización del trabajo a realizar cada lunes.
- Visita y análisis de otras experiencias.
- Adquisición de una máquina prensadora y producción de los bloques.
- Esquema de la unidad básica.
- Programa de salud.

1986

- Del trabajo colectivo a la iniciación del trabajo individual.
- Construcción de la casa modelo.
- Elevación de los muros. (Fig. 6).

1987

- Construcción de las cúpulas de la casa modelo.
- Elevación de muros para las otras casas de la aldea. (Fig. 7).

Descripción Técnica

Cimientos: Concreto ciclópeo (2.000 libras) de 0,50 X 0,30 m. sobre una base de 0,10 m. de concreto simple. (Fig. 8).

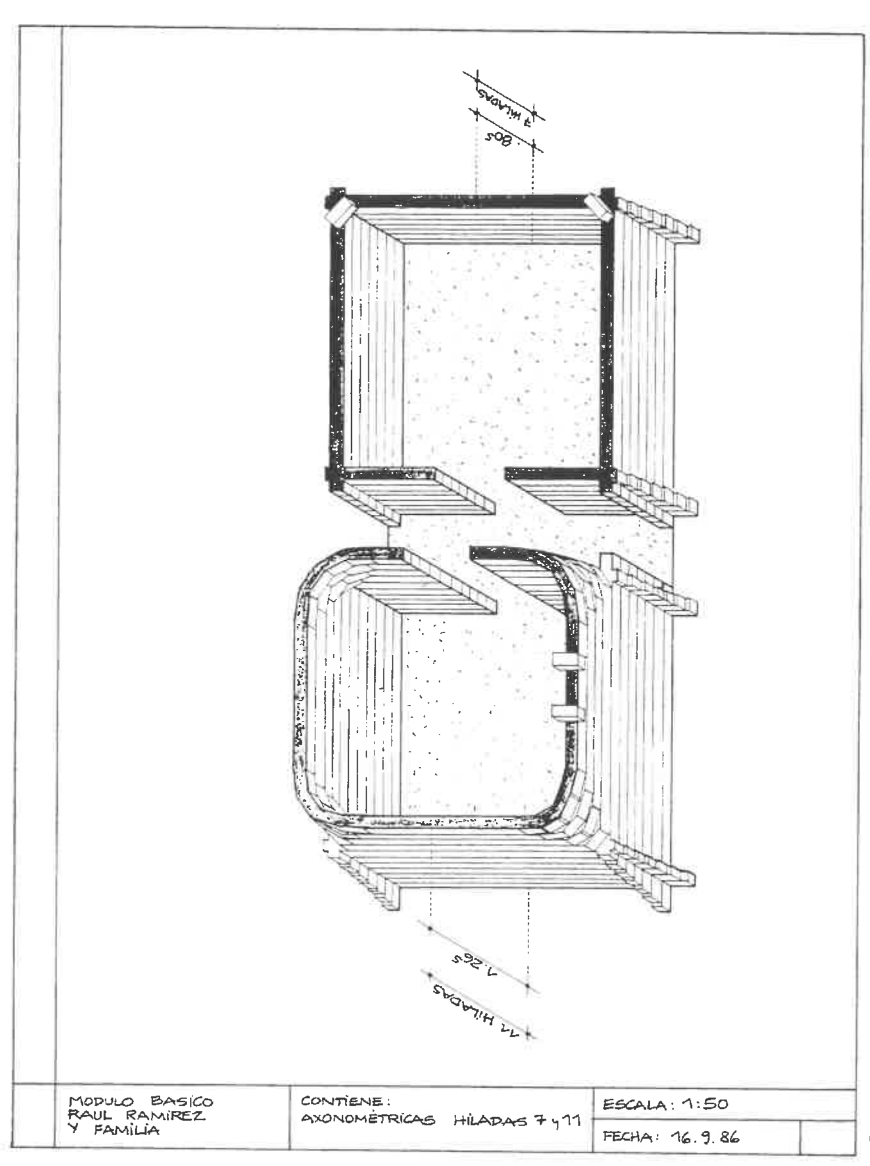
Sobrecimientos: En bloque de suelo cemento (1:10) producido en la prensa Cinva-ram con mortero de pega (1:3).

Estructura: Muros de carga con cimentación corrida reforzada por medio de contrafuertes.

Muros: En bloque de suelo: cemento (1:14) con un espesor de 0,14 m. con mortero de pega (1:5).

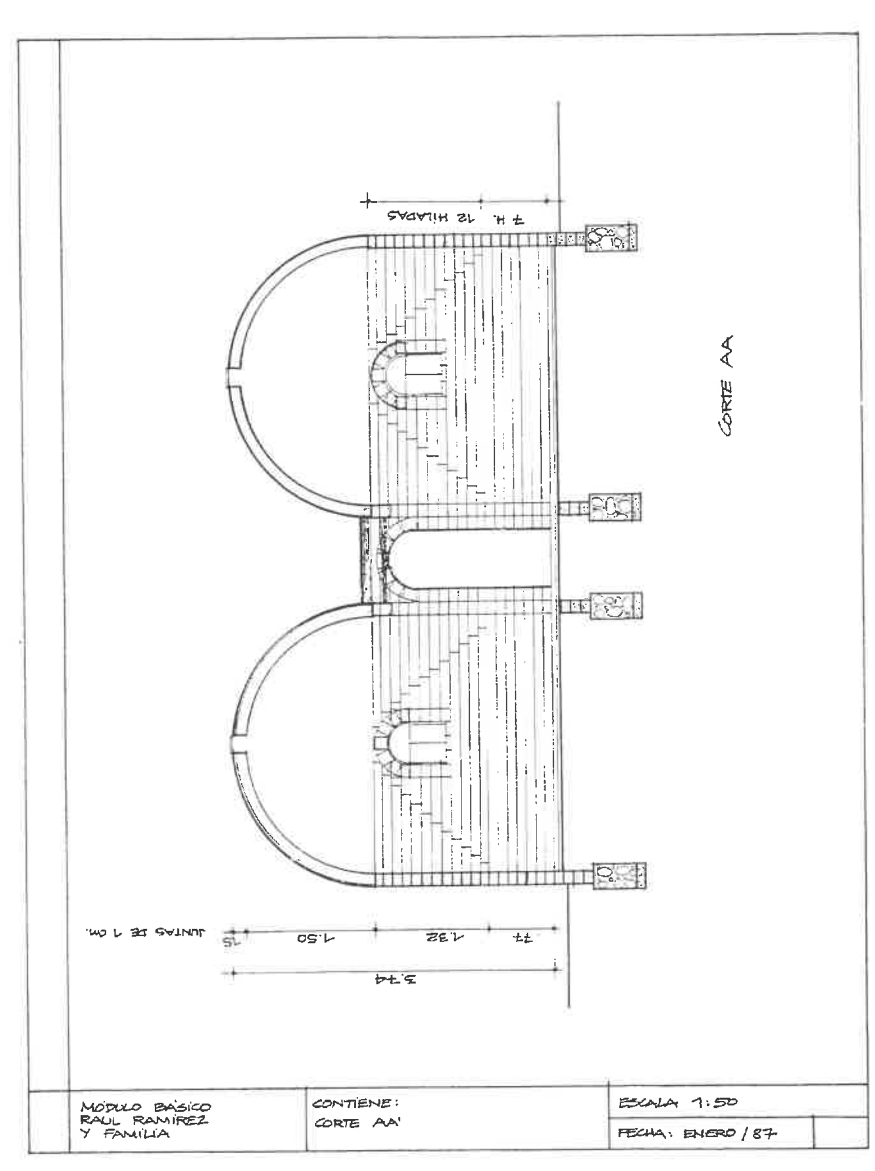
Contrafuertes: Se levantaron con el mismo bloque utilizado en los muros, en cada esquina y en los accesos.

Cubiertas: Cúpulas en tableta Cinva-ram de suelo cemento (1'10)



Santiago Camargo

FIGURA 3: VISTA AXONOMETRICA DE UNA VIVIENDA.



Santiago Camargo

FIGURA 4: CORTE DE UNA VIVIENDA.

UNIDAD SANITARIA
RAUL RAMIREZ
Y FAMILIA

CONTIENE:
PLANTA UNIDAD SANITARIA
Y ESPACIO SOCIAL - TORNO

ESCALA 1:50

FECHA: 87-88

Santiago Camargo

FIGURA 5: PLANTA DE UNA VIVIENDA

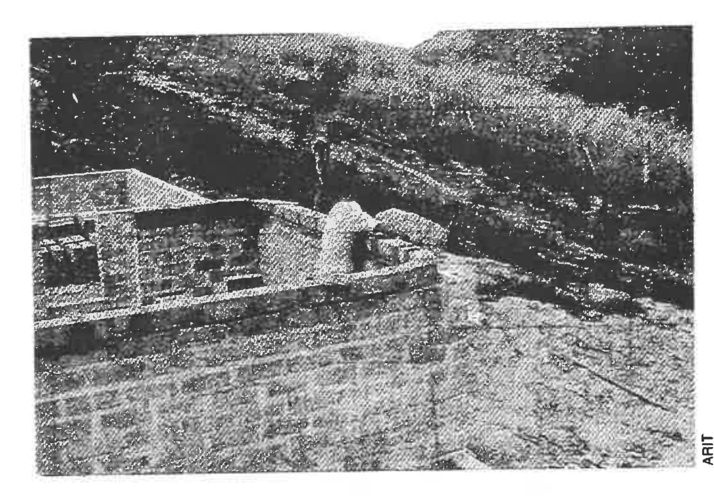


FIGURA 6: PROCESO CONSTRUCTIVO: REMATE MUROS E INICIACION DE CUBIERTA

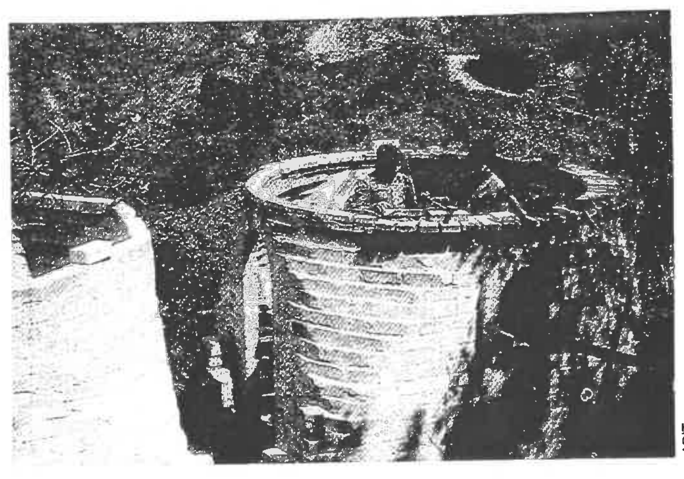
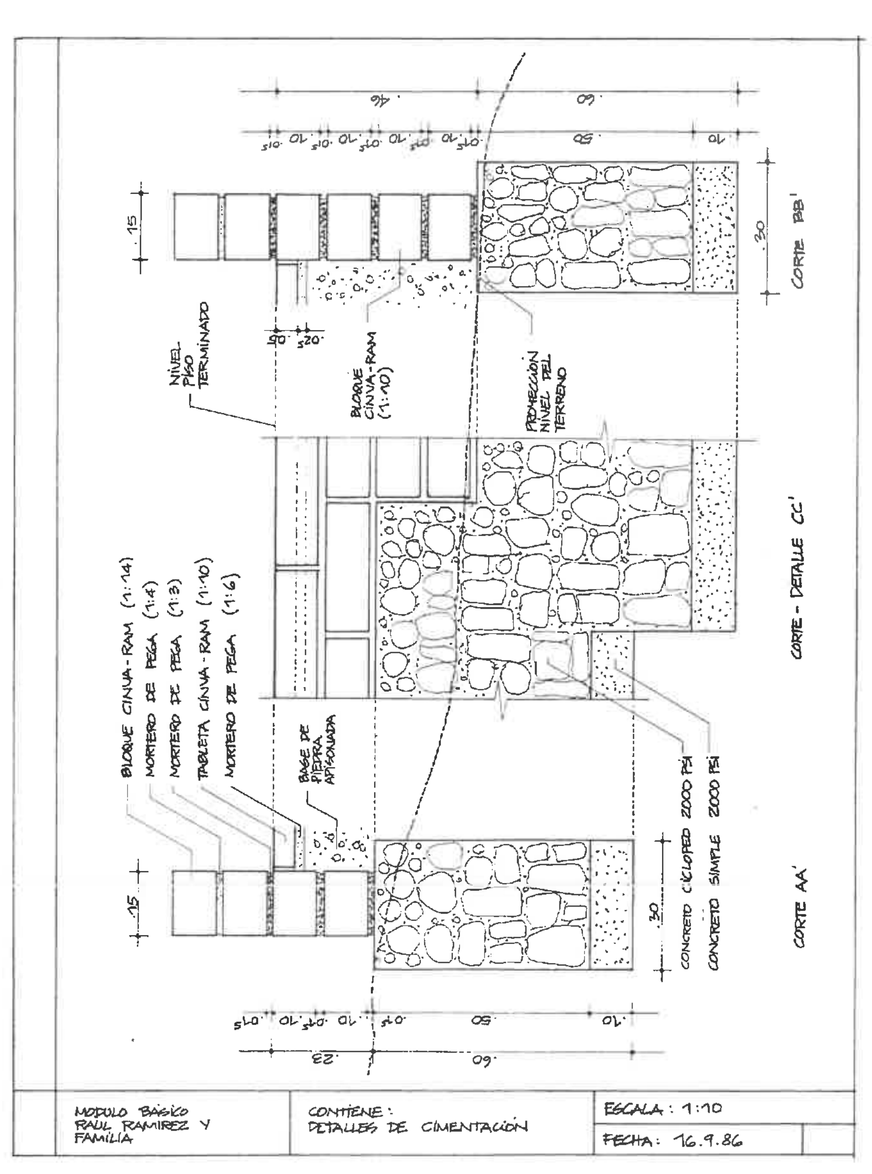


FIGURA 7: PROCESO CONSTRUCTIVO: CONSTRUCCION CUPULA

impermeabilizadas con mortero de cemento: cal: arena (Fig. 9) y techumbre en madera rolliza (diámetro 7 cms.), a dos aguas (esterilla de guadua) y base de suelo cemento (1:7 con fique picado) y con malla en alambre de púas.

Pisos: En tableta Cinva-ram de suelo-cemento (1:10), mortero de pega (1:6).

Sistema hidráulico-sanitario: Tanque de reserva por gravedad y tanques domiciliarios en bloque Cinva-Ram. Letrina "Gato" y aguas negras a distrito-riego.



Santiago Camargo

FIGURA 8: CIMIENTOS: DETALLES.



FIGURA 9: PROCESO CONSTRUCTIVO: CONSTRUCCION DE LA CUPULA

ARIT

El tanque de agua de diámetro interior de 1.12 m. la cimentación es en suelo-cemento apisonado (1:2:3) y las paredes se levantaron en bloque Cinva-ram.

Sistema eléctrico: Cocinas "Lorena" y carbón y en un futuro posible luz eléctrica.

Pañetes: En los muros los pañetes son en suelo cemento (1:5/1:8) y en las cúpulas son de cemento: cal: tierra (1:1:5/8).

Ventanas y puertas son en carpintería de madera y las puertas tienen lleno en zinc.

Pintura: Lechada de cal, agua y color mineral.

Vidrios: 3 mm.

Antes de iniciar la construcción del módulo básico, se cumplieron tres etapas:

Primera etapa: Reconstrucción de una esquina de una vivienda en tapia pisada: "Hacia las siete de la mañana llega Olegario con Félix, Antonio y el tapial. Ellos comienzan a levantarlo. Primero hacen una acequia y cavan unos pozos, para depositar el agua con la cual se mezclaba el barro que se estaba picando. Todos participan, hombres, mujeres y niños, Félix dirige el trabajo. Después de colocar las agujas y el tapial, se corta piedra sin excavar que se coloca dentro del tapial de tal forma que no sobre espacio y

encima de dos hiladas de piedra se inicia el pisado de la tierra. Entre tanto, se pica el barro y se mezcla con el agua hasta que quede ni muy seco ni muy mojado".

En esta experiencia se utilizó para la cubierta zinc. Al analizar los costos se concluyó que esta teja era costosa para los recursos de la Comunidad, por lo cual se propuso la construcción de las cubiertas para las viviendas futuras en tierra (bóvedas). Sobre la fachada en el corredor de la vivienda se hizo un frisado con veinte baldes de cagajón de caballo: dieciséis baldes de tierra y agua hasta "que la llana se lo lleve". Sobre el frisado se preparó cal, agua y sal o "méjica".

En una *segunda etapa,* en la misma vivienda se construyó la cocina en bahareque.

En la *tercera etapa,* antes de la construcción del módulo básico con los bloques de suelo-cemento, se tomaron muestras del terreno.

Los análisis de las muestras siguiendo las indicaciones de la cartilla Cinva-Ram. "Cómo se escoge la tierra", arrojaron los siguientes resultados:

Muestra	Arcilla %	Arena %
1	25	75
2	30	70
3	12,5	87,5
4	25	75

Al resultar, la tierra del sitio apta para la fabricación de los bloques se inició, entonces la producción de los mismos, de acuerdo con las indicaciones de la cartilla.

Para el primer módulo, de la unidad básica se requerían 1.540 bloques y para la cubierta 1.062 tabletas. (Fig. 10).

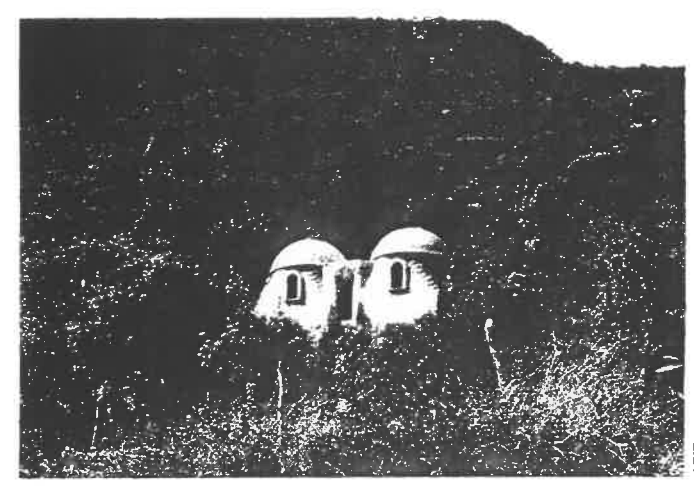


FIGURA 10: VISTA DE UNA VIVIENDA

ARIT

Producción de los bloques:

De la cantera localizada en la zona central del lote se extrajo el material, ya que allí había un pequeño corte o barranco que facilitaría su explotación, este material se tamizó en un costal de fique en el mismo sitio.

En la producción de los bloques trabajan dos personas, una está encargada de operar la prensa, la otra de proveer el material y almacenar el bloque.

Rendimiento: La producción de bloques por mes era de 1.000, en jornadas realizadas durante el fin de semana, este valor era variable según fuera o no época de cultivos, cuyo número aumentaba cuando no lo era. Una persona era la responsable y tenia que programar al ayudante con cada familia del programa.

Para el almacenamiento del bloque se construyó un galpón con madera y polietileno para la cubierta. Allí se efectuaba durante una semana el fraguado rociando con agua diariamente los bloques, y posteriormente cada ocho días se volvían a humedecer.

Elevación de los muros: (para el tanque de agua).

Después del concreto ciclópeo se colocó el sobrecimiento con mortero (1:2) impermeabilizado y posteriormente las dos primeras hiladas con mortero (cemento: arena: suelo) 1:2:3. Luego se aplicó un pañete interior de cemento y arena (1:3).

Proyecto por autoconstrucción en bloques de tierra prensada en Ambalema -Tolima- 1987

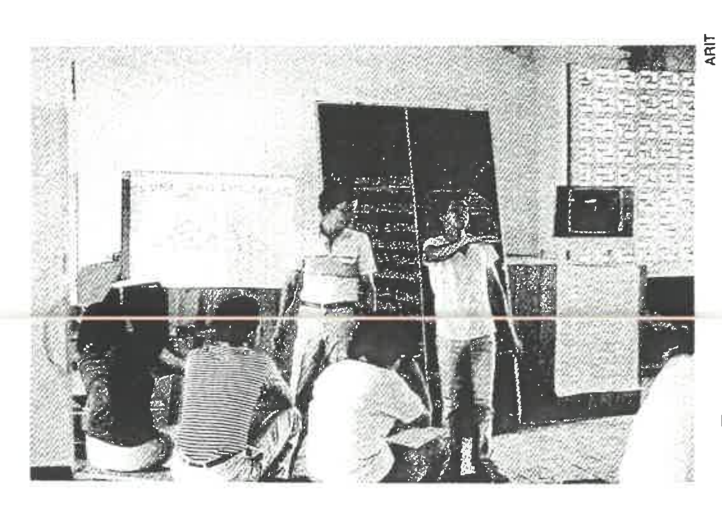
Diseño y construcción: ARIT (Arquitectura e Investigación en Tierra).

Luego de la erupción del volcán nevado del Ruiz, que destruyó la ciudad de Armero, los habitantes de las riberas de los ríos Recio y Lagunilla, por los que descendió la avalancha, fueron declarados "damnificados por riesgo". Este proyecto localizado en la zona del Municipio de Ambalema, Tolima, fue planteado para reubicar parte de esta población.

Los recursos, donados por instituciones extranjeras, fueron administrados por FEDEVIVIENDA (Federación Nacional de Organizaciones de Vivienda Popular), entidad que se encargó de contratar los estudios y la dirección técnica de la construcción, y de motivar, capacitar y organizar la Comunidad para la autoconstrucción. Durante el año de 1986, con el apoyo del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) se realizaron los censos y las encuestas que permitieron seleccionar 68 familias beneficiarias en el casco urbano, a las cuales se capacitó en Organización Comunitaria. ARIT elaboró los planos después de un proceso de Diseño Participativo, a partir del cual se hicieron los presupuestos y la programación de la obra. Luego fueron construidas las viviendas modelo. (Fig. 1).

Clima

Cálido con temperatura promedio mayor de 24°C (durante el día la temperatura alcanza los 35°C a la



ARIT

FIGURA 1: TALLERES DE DISEÑO CON PARTICIPACION DE LA COMUNIDAD

sombra) y un promedio anual de lluvias de 1.000 mm. El régimen presenta dos períodos de máximas (marzo a junio, septiembre a noviembre) y el resto del año de mínimas lluvias.

Descripción Arquitectónica

El proyecto de Ambalema urbano llamado Villa Teresa, localizado en la parte alta de Ambalema, se planteó desde el punto de vista urbanístico, conservando el trazado y la organización del resto del pueblo.

Ambalema, que posee una hermosa arquitectura tradicional, en bahareque y cubiertas en teja de barro, es Monumento Nacional. Esta característica sumada a las normas impuestas por el Gobierno en todos los proyectos para damnificados, fueron algunas de las determinantes que se tuvieron en cuenta. El plano de la vivienda, conserva la distribución tradicional pero racionaliza la localización de los servicios y el tamaño de los espacios. La casa de crecimiento progresivo, tendrá en la primera etapa, un salón, una alcoba, comedor, cocina, baño y patio de ropas. La segunda etapa, que deberá ejecutar cada familia, aprovechando la capacitación que recibió durante la construcción, consistiría en la adición de dos habitaciones. (Figs. 2, 3, 4). La técnica constructiva planteada consiste en una mampostería rigidizada. Se fabricaron bloques estabilizados con perforaciones, para ser colocados en las esquinas: a través de estos pasan los refuerzos de hormigón armado.

En el proyecto se conservaron las características de la vivienda tradicional, sobre todo en cuanto a la distribución de los espacios, las alturas de los muros, la proporción de puertas y ventanas y en general los valores estéticos. La homogeneidad cultural en la Comunidad facilitó el trabajo de Diseño Participativo. El tipo de vivienda existente es uno de los más apropiados al medio ofrecido en el país, pues gracias a sus grandes volúmenes y a los materiales que se utilizan para su construcción, resulta muy fresca. El bahareque sin embargo, fue rechazado por la mayoría de los habitantes, pues representa para ellos, una vivienda "pobre"; no así la teja de barro, a la cual reconocen sus virtudes.

Descripción Técnica

Cimientos: Pilotes se hormigón simple, de 30 X 30 X 80 cms, colocados cada 3 mts.

Amarre: Viga de hormigón armado de 15 X 20 cms. amarrada a los pilotes.

Sobrecimiento: Bloques de tierra estabilizada hasta 30 cms. de altura. Morteros impermeabilizados para la pega y el pañete.

Muros: Bloques de tierra prensada, sin estabilizar y mortero de tierra.

Dinteles y amarre superior: Hormigón armado, fundido dentro de bloques estabilizados.

Cubierta: Estructura en madera rolliza y cañas y teja de barro (Fig. 5).

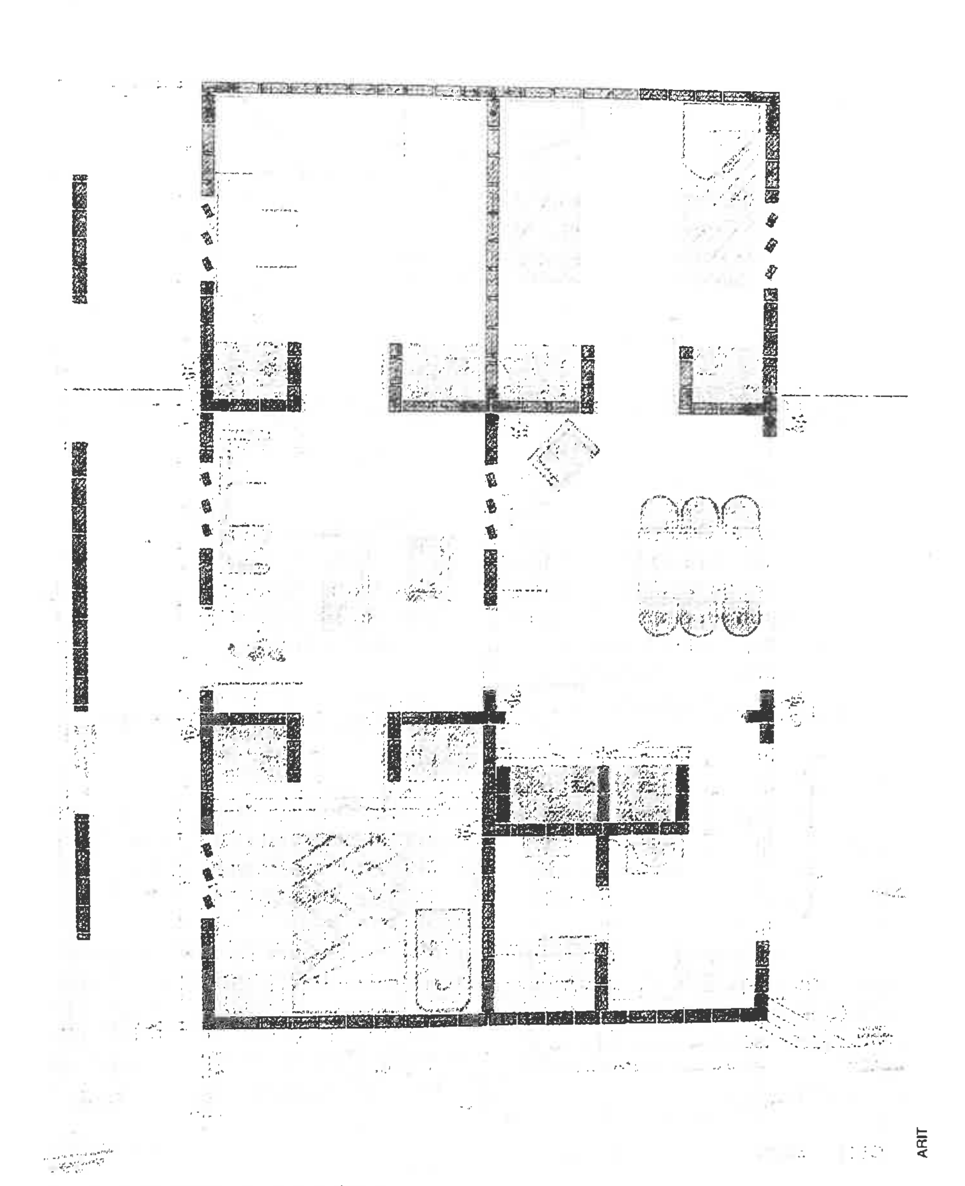


FIGURA 2: PLANTA DE LA VIVIENDA

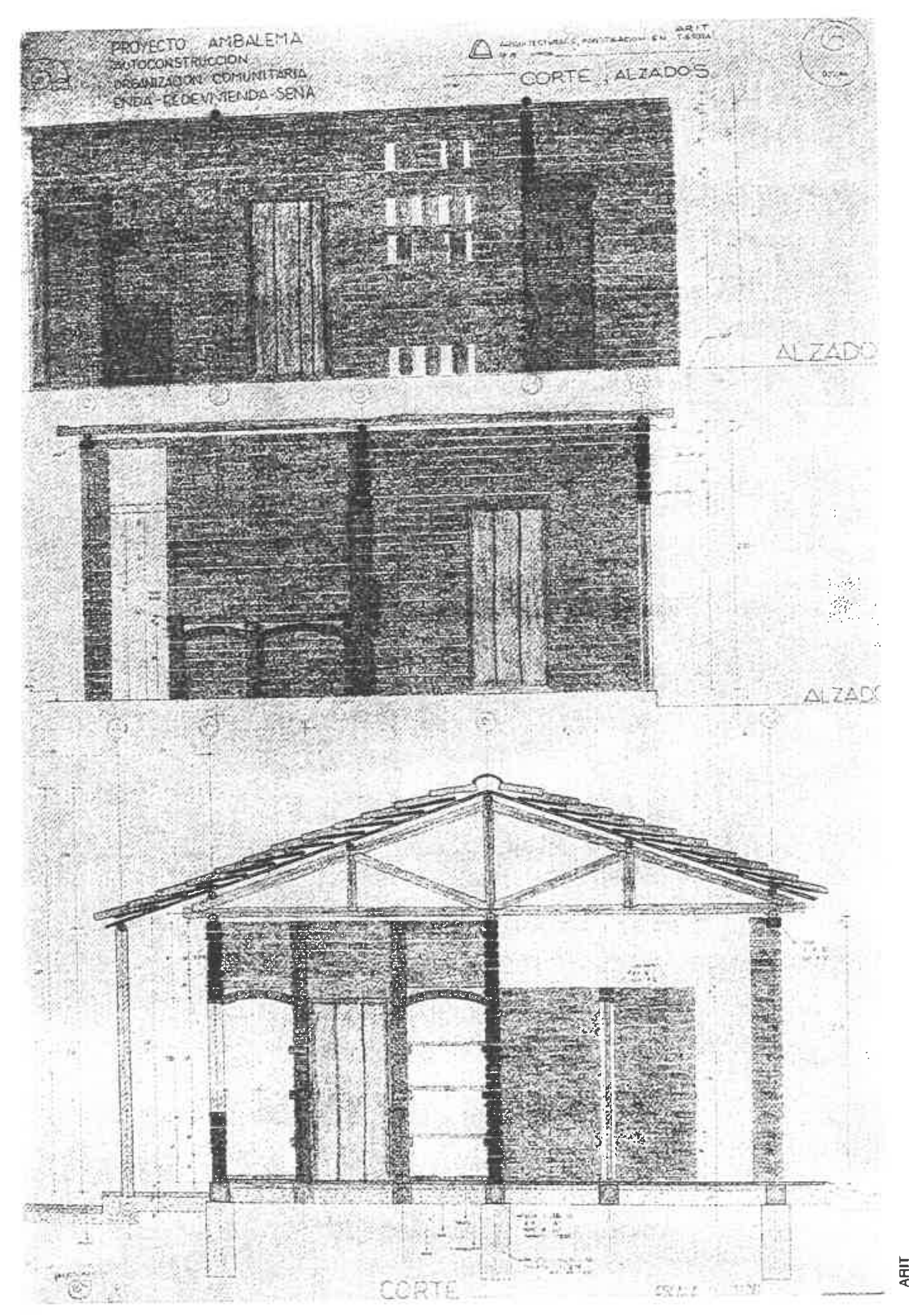
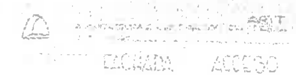


FIGURA 3: ALZADOS Y CORTE DE LA VIVIENDA.

ARIT



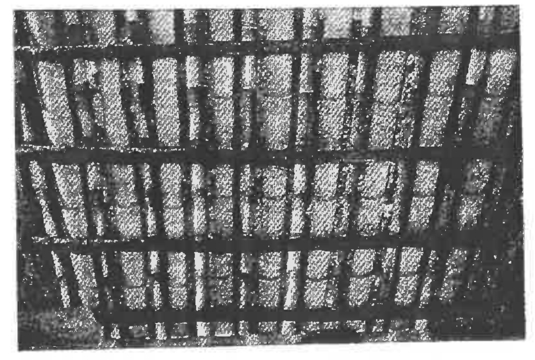
PROYECTO AMBALEMA
AUTOCONSTRUCCION
ORGANIZACION COMUNITARIA



FACHADA ACCESO ESCALA 1:20

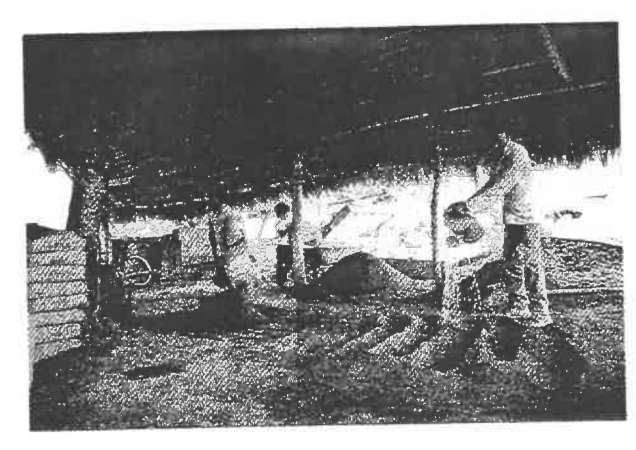
ARIT

FIGURA 4: ELEVACION DE LA VIVIENDA



ARIT

FIGURA 5:
DETALLE DE LA CUBIERTA (VISTA INTERIOR)



ARIT

FIGURA 6:
PRODUCCION DE LOS BLOQUES: PREPARACION DE LA MEZCLA

Pañete: Mortero de cal y arena en los muros exteriores y mortero impermeabilizado sobre malla de gallinero en baño y cocina.

Mesón de cocina y lavadero: Hormigón armado.

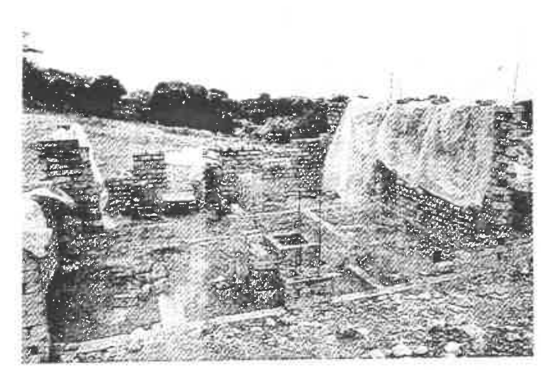
Producción de los bloques

Se localizó una cantera a 5 kms del lugar de la obra, en un sitio de fácil acceso. Se extraía la tierra con retroexcavadora y se transportaba en volquetas. Fueron montadas cuatro prensas en el campamento que fue construido provisionalmente con madera y palma de la región. Se capacitó a los trabajadores en las diferentes actividades, formando cuadrillas especializadas. Se programó una producción diaria, continua de bloques, para responder a la demanda de la obra. (Fig. 6). La prensa manual es inadecuada para un proyecto de esta magnitud, pues implica demasiado esfuerzo y fatiga además de generar reticencias entre



ARIT

FIGURA 7: CONSTRUCCION DE LOS CIMIENTOS



ARIT

FIGURA 8: ELEVACION DE LOS MUROS EN BLOQUES DE TIERRA

la Comunidad por la lentitud en la producción. Es necesario desarrollar en el país una tecnología más avanzada, si se quiere realizar este tipo de proyectos. Por lo demás la producción de los bloques se hizo de la misma manera que en el proyecto de Palocabildo. (Ver ficha).

Construcción

El proyecto contemplaba que la Comunidad aportara la mano de obra para todos los trabajos que debían realizarse, incluso en las obras de urbanismo que contaban con un presupuesto exiguo. El alcantarillado, llevó varios meses de trabajo debido a la dureza del terreno. El rendimiento se vió además disminuido por el clima excesivamente caliente (temperaturas mayores a 35°C durante el día) y la capacitación que era necesario realizar simultáneamente. La construcción de las casa modelo sirvió para hacer las

prácticas de aprendizaje, (Figs. 7, 8, 9, 10, 11), por este motivo no se pudieron medir los rendimientos ni los costos reales.


ARIT

FIGURA 9:
CONSTRUCCION DE LA MAMPOSTERIA REFORZADA

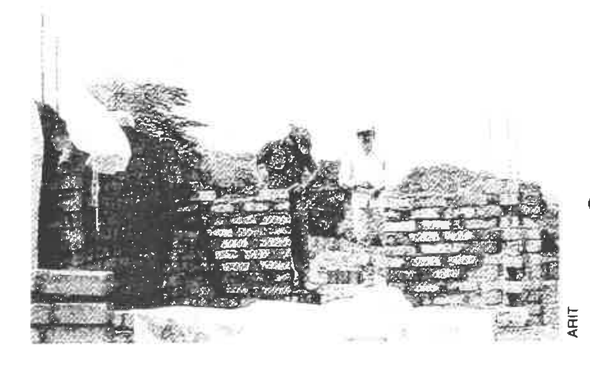

ARIT

FIGURA 10:
CONSTRUCCION DE LOS MUROS

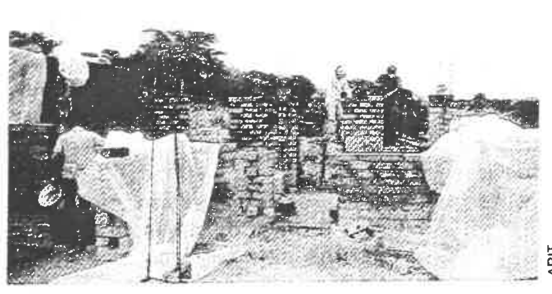

ARIT

FIGURA 11:
PROCESO CONSTRUCTIVO:
ELEVACION DE LOS MUROS

Ejemplo reciente de construcción con adobe: Estación de servicio en La Caro, Chía -Cundinamarca-, 1985•1986

Diseño arquitectónico: Arquitecto Herbert Baresch.

Diseño estructural: Ingeniero Santiago Luque.

Construcción: Arquitecto Herbert Baresh, ingeniero Andrés Atuesta.

En marzo de 1986 se terminó la construcción de esta obra iniciada un año antes. Está localizada sobre el costado Oriental de la autopista del Norte, a pocos kilómetros de Bogotá, en el sitio denominado La Caro, Municipio de Chía.

La motivación para usar el adobe y las cubiertas en bóvedas de rasilla fue profundizar en el conocimiento de estas técnicas y demostrar en la práctica su bajo costo y sus reales posibilidades de utilización. Fue necesario sin embargo vencer la resistencia de los concesionarios y de los ingenieros que rechazaban el proyecto porque no se ajustaba a las especificaciones y normas norteamericanas que se aplican en este tipo de construcciones.

Se obtuvo una rebaja considerable de los costos especialmente en las cubiertas que tienen generalmente un valor porcentual muy alto.

Descripción Arquitectónica

La disposición sesgada de las construcciones facilita el acceso de los automóviles desde la autopista. Las construcciones independientes de uno y dos pisos, están colocadas transversalmente, los locales allí ubicados son paso obligado para los visitantes. Además de los servicios propios de la bomba: surtidores, lavado, engrase y oficina, existen unos locales comerciales donde funcionan algunos almacenes agropecuarios. (Fig. 1).

Las cubiertas consisten en bóvedas de cañón rebajadas a un tercio (luz, 6 mts.; altura: 2 mts.), formadas por tres capas superpuestas de rasilla y tableta cerámica (0,25 X 0,15 X 0,03 M). (Fig. 2). La impermeabilización en tela asfáltica está colocada entre la segunda y tercera capas. La pega con mortero de cemento preparado con acelerante de hormigón, aumenta considerablemente el rendimiento. Dos obreros pegando y otros dos alcanzando los materiales construían ocho metros lineales por día. La formaleta, una estructura hecha en tubo de hierro galvanizado de media pulgada es económica, durable y fácil de manipular (Fig. 4C).

Los muros exteriores en adobe a la vista, protegidos de la intemperie con una pintura transparente que no altera el color ni la textura de la tierra, combinados con la rasilla y los materiales modernos, dan un

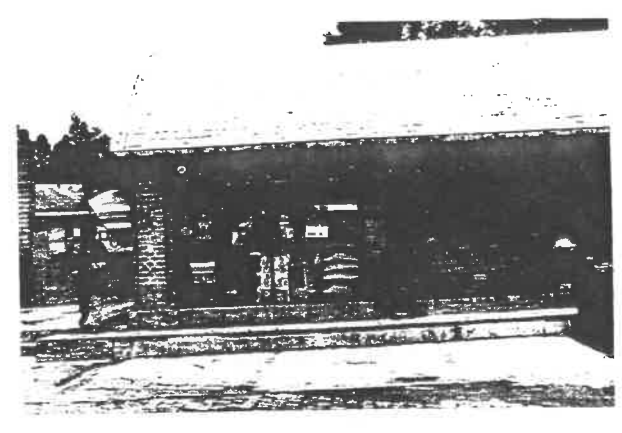

ARIT

FIGURA 1:
LOCAL COMERCIAL
EN LA ESTACION
DE SERVICIO.

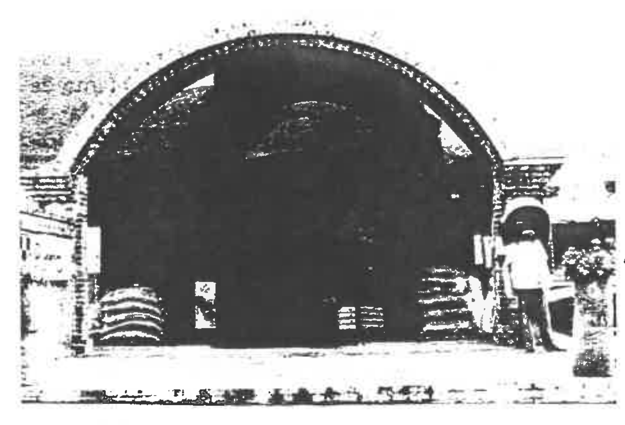

ARIT

FIGURA 2:
ACCESO AL ALMACEN
AGRARIO

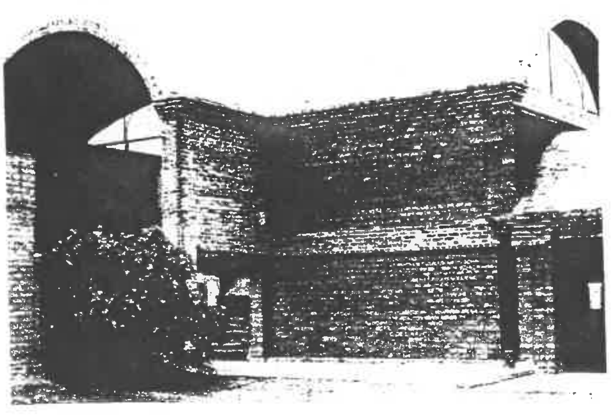

ARIT

FIGURA 3:
CUBIERTA EN
TABLETA CERAMICA
Y MUROS DE
CERRAMIENTO EN
ADOBE A LA VISTA.

carácter especial a esta bomba que sobresale entre sus vecinas. (Fig. 3).

Descripción Técnica

Cimientos: Viga de amarre de hormigón armado sobre recebo compactado.

Sobrecimientos: Mampostería de ladrillo tolete. (Fig. 4A).

Muros exteriores: Muros dobles de adobe.

Muros interiores: Muros sencillos de adobe.

Amarre superior: Viga canal de hormigón armado.

Remate de los muros: Cornisas de ladrillo adosadas a la viga de amarre.

Bajantes: Tubo PVC de cuatro pulgadas.

Gárgolas: Lámina metálica.

Cubiertas: Bóvedas de cañón rebajadas en rasilla.

Impermeabilización cubierta: Tela asfáltica.

Pañetes interiores: Mortero de arena: cemento sobre malla metálica. (Fig. 4B).

Pintura: Tapaporos transparente para madera, aplicado en tres capas con compresor directamente sobre el muro.

Pisos: Tableta cerámica en el interior y adoquín de cemento y tableta cerámica en el exterior.

Escalera: Angulo y lámina de hierro.

Ventanería: Angulo de hierro. (Figs. 5, 6).

Produccion de adobes

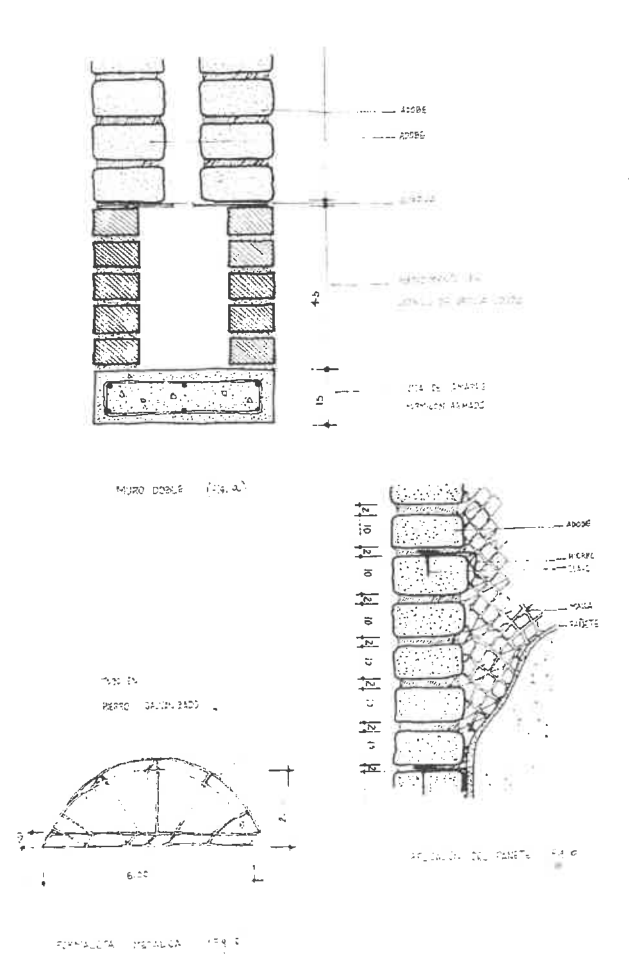
Extracción de la tierra: Se retira la capa superficial de tierra orgánica del sitio demarcado para el foso de 1.20 m. de profundidad (diamétro = 4 mts.). Se pica la tierra hasta una profundidad de 30 cms. Se echa agua hasta cubrir la tierra picada y se deja reposar.

Mezclado: Al día siguiente se pisa la tierra y se mezcla con el tamo de trigo y la arena con la ayuda de un par de bueyes, durante una hora.

Corrección de granulometría: A la tierra demasiado arcillosa se adicionó arena y tamo para prevenir los efectos de la contracción durante el secado. Se añadían estos materiales hasta que la tierra tuviera una consistencia pastosa, más bien seca y el tamo se "sintiera" más que la tierra. Mediante el ensayo de la mordida se comprobaba el apropiado contenido de arena.

Transporte de la tierra: Del foso al patio de moldeo, aproximadamente doce metros, en carretilla.

Moldeo: Moldeo en gaveras de madera, permanecen embebidas en agua al finalizar la jornada. Número de gaveras = 4. Tipo de gavera = doble. Dimensiones de la gavera = 0,40 X 0,40 X 0,10 m. Dimensiones del adobe = 0,10 X 0,20 X 0,10 m.



ARIT

FIGURA 4: DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LOS MUROS Y FORMALETA PARA CONSTRUIR LA BOVEDA.

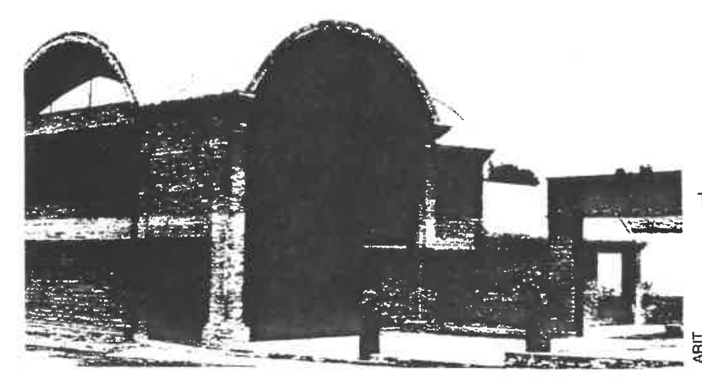
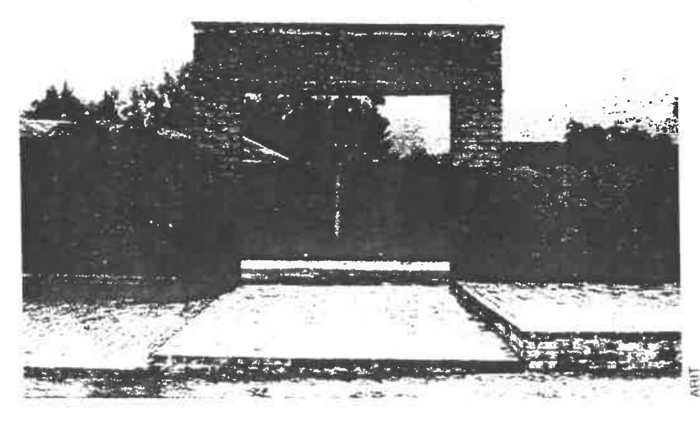
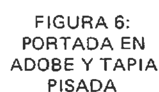


FIGURA 5:
EL ADOBE Y LA
TAPIA PISADA SE
COMBINAN CON
MATERIALES
CERAMICOS.




FIGURA 6:
PORTADA EN
ADOBE Y TAPIA
PISADA

Cuatro obreros "cortando" adobe producían un promedio de 1.500 bloques diarios. Se trabaja directamente sobre la superficie rústica del patio. Allí se dejan secar durante cuatro días, al cabo de los cuales, se ponen de canto, se "encasillan" —se cortan con machete para pulir la superficie a la vista— y se dejan secar otros días hasta que el lado que estaba contra el piso se haya endurecido. Se amontonan hasta completar el período de secado de cuatro semanas, antes de poder ser usados en la construcción de los muros. El tamo de trigo, difícil de conseguir, se puede reemplazar por agujas de pino. Los adoberos, en-

cabezados por don Marcos, un campesino de 75 años, oriundo de Ubaté, quien define la fabricación del adobe como "el arte del agua", dirige el equipo encargado de la producción de los adobes y localiza los sitios para la extracción de la tierra. Mamposteros de la región utilizando un mortero de tierra y arena similar a la mezcla de los adobes, lograron rendimientos de tiempo inferiores al de la construcción de muros con ladrillo tolete, gracias al mayor tamaño de los adobes (36 adobes/m2, 110 ladrillos/M2). La venta de los bueyes al cabo de dos meses, permitió rebajar el valor del adobe en un 30% (costo final: Col. $6.00/unidad). Se fabricaron 30.000 adobes en total.

Costo por m2 de construcción: Convencional: $32.000.00. El Proyecto: $16.000.oo

Casa en tapia pisada en Medellín, Vereda Piedras Blancas -Antioquia-, 1980•1981

Diseño y Construcción: Arquitecto Gilberto Arango Escobar.

Este ejemplo de construcción con tapia pisada, es particularmente interesante, porque demuestra el interés que existe dentro del gremio profesional acerca de las técnicas tradicionales de construccción con tierra. El arquitecto además de desafiar los prejuicios contra el material, utiliza sus conocimientos generales y su intuición para proponer algunas mejoras a la técnica, dirigidas estas, principalmente a aumentar la resistencia a los sismos. Motivado por la economía que representaba utilizar los materiales de la región: tierra, piedra, maderas rollizas y por la posibilidad de experimentar y comprobar efectivamente las cualidades de la tierra. La casa ha soportado varios movimientos telúricos sin sufrir daños, a diferencia de otras viviendas de la zona.

Descripción Arquitectónica

Esta casa de recreo de propiedad del arquitecto, localizada en la vereda de Piedras Blancas, cerca a la ciudad de Medellín, Departamento de Antioquia, llevó cerca de año y medio para su construcción. (Fig. 1). El proceso de construcción fue muy lento porque el tiempo de secado entre cada hilada de tapial fue de tres a cuatro semanas, (abril, de 1980-septiembre de 1981). (Fig. 2).

Tiene un área aproximada de 150 M2, en sus dos pisos. Localizada en terreno pendiente, se adapta a este, mediante niveles. En el primer piso está el área social y de servicios; el segundo piso se reserva para las habitaciones. En el diseño se vigiló la disposición de los vanos evitando debilitar los muros. Asimismo se preservó el carácter compacto y de espacios cerrados que recomienda esta tecnología. (Fig. 3).

Descripción Técnica

Cimientos: Mampostería en piedra, sin mortero. Técnica tradicional de cimentación utilizada en la región.

Muros: Muros portantes de 40 cms de espesor en tierra cruda sin estabilizar.

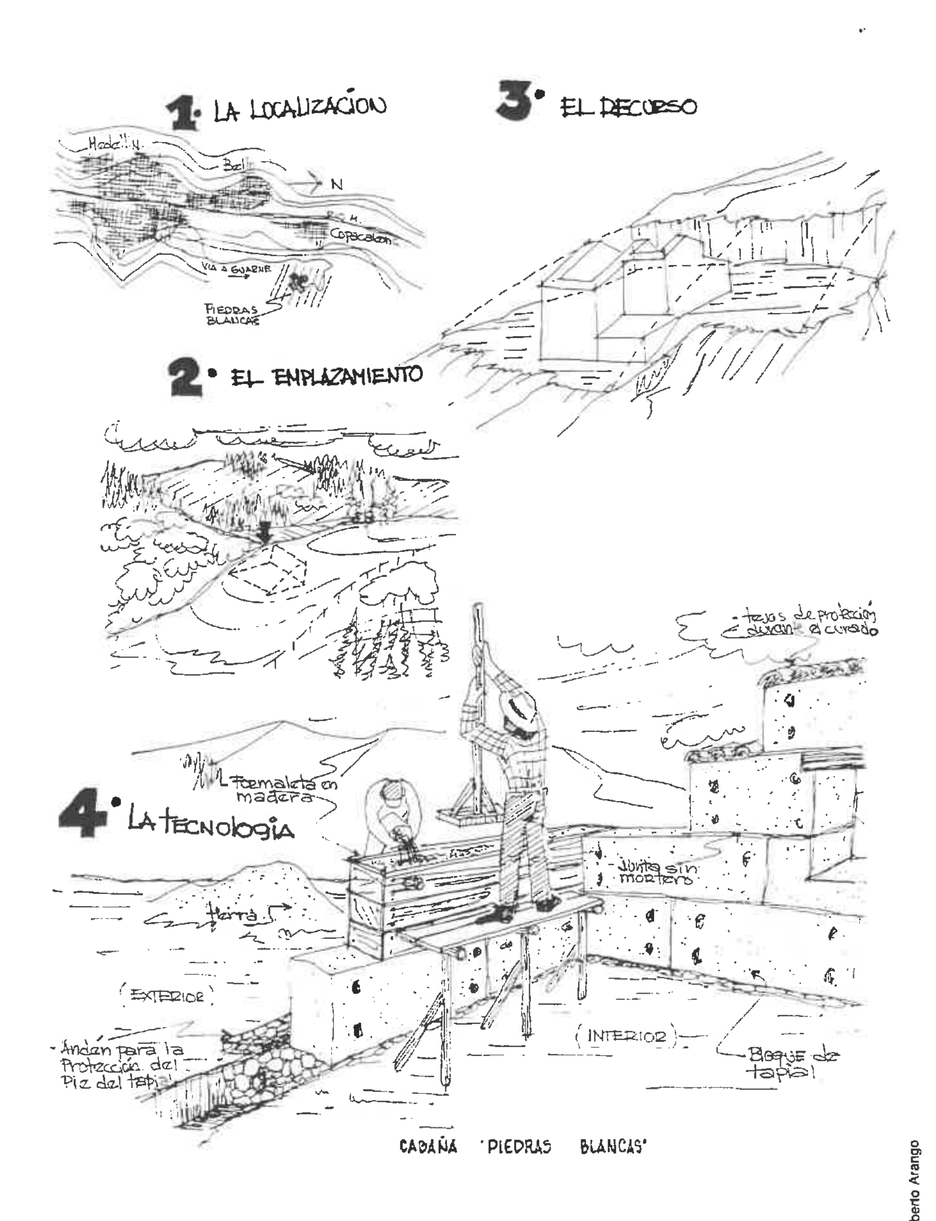
Amarre: Viga de amarre de hormigón armado anclada en el tapial mediante pequeños pilotes de concreto de 70 cms. embebidos en el muro.

Entrepiso: Madera aserrada.

Pañetes: Pañete tradicional de tierra y estiércol de caballo. Hasta un metro de altura se hizo un zócalo en mortero de arena y cemento, para todos los muros exteriores

Pintura: Encalado.

Andén: Alrededor de toda la casa en la parte exterior se hizo un andén de piedra y mortero de cemento con arena. (Fig. 4).



Gilberto Arango

FIGURA 1: ALGUNOS DE LOS ASPECTOS ESTUDIADOS PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO.

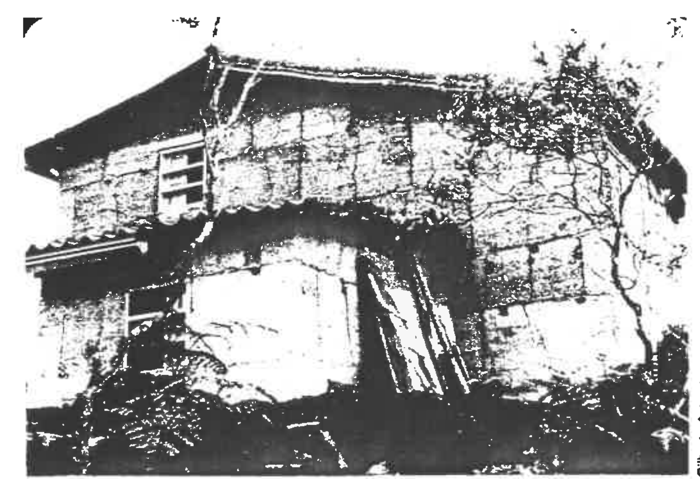


FIGURA 2:
MUROS EN TAPIA PISADA SIN TERMINAR

FIGURA 3:
ASPECTO DE LA CABAÑA "PIEDRAS BLANCAS" AL TERMINAR



Extracción de la tierra: Para la construcción se utilizó la tierra resultante de las obras de adaptación del terreno, la cual se extrajo manualmente.

Granulometría: A la tierra no se le hicieron estudios de laboratorio, solamente pruebas empíricas en el sitio para determinar su manejabilidad. Se escogió una tierra amarilla similar a la que se observó en las viviendas vecinas.

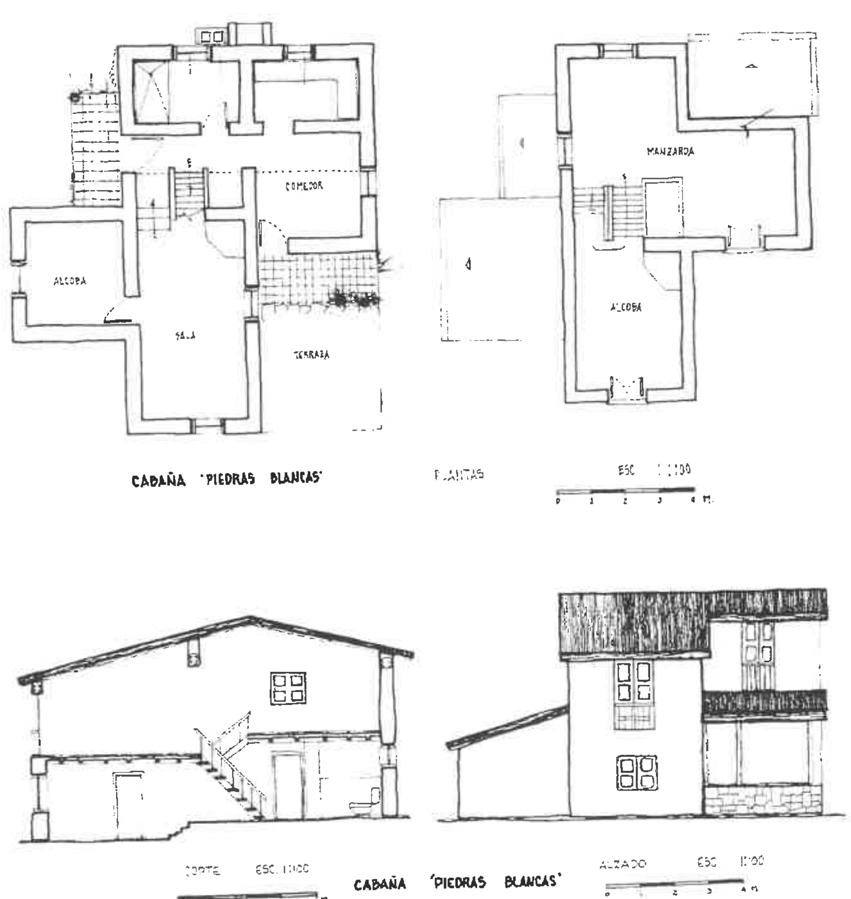


FIGURA 4: CABAÑA "PIEDRAS BLANCAS" PLANTAS Y ALZADOS.

Finca "Sumacal" en Guarne -Antioquia-, 1976•1977

Diseño y Construcción: Arquitecta Julia Rave Aristizábal.

La construcción de la obra se inició en 1976 terminándose un año más tarde. La motivación de sus propietarios para iniciar esta construcción, fue la de crear, teniendo en cuenta el clima frío de la región, espacios confortables. Entre los estudios preliminares en lo referente a la vivienda tradicional de la zona, la tapia pisada ofrecía el *confort* deseado y la nobleza del material respondía a las determinantes planteadas para la escoqencia de la tierra como material fundamental para la ejecución del proyecto. (Fig. 1).

Climatología: El Municipio está localizado a 17 kilómetros de la ciudad de Medellín, en clima frío húmedo que oscila entre 8 y 20°C con vientos fuertes de Este a Oeste y altas precipitaciones pluviales en dos épocas durante el año (mayo y octubre). (Fig. 2).

Descripción Arquitectónica

En un área de 400 m2 se adaptó, para el diseño de la finca la tipología tradicional de la vivienda rural de la zona del Oriente antioqueño. Alrededor del patio central, en forma de claustro, giran los espacios de disfrute de la vivienda: alcobas y salón, mientras que los espacios de servicio están localizados alrededor del patio exterior en forma de "U" El corredor exterior que rodea la vivienda permite la transición entre el exterior y los espacios interiores. (Fig. 3). Los desniveles en el interior de la construcción evitan corrientes dentro de la vivienda actuando como cortaviento y permiten además la integración de los di-



Julia Rave

FIGURA 1: MUROS DE LA FINCA "SUMACAL" EN TAPIA PISADA

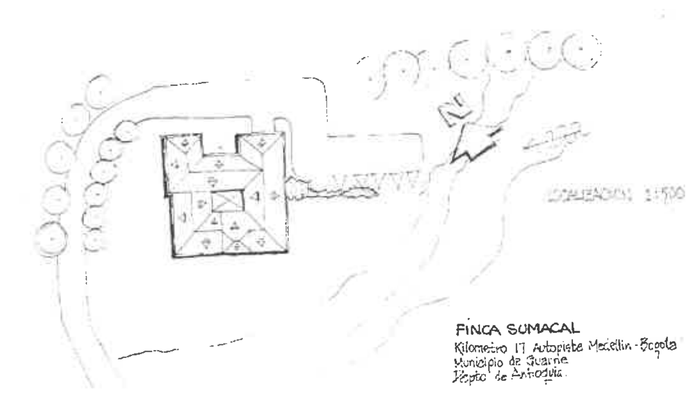


FIGURA 2:
PLANTA DE LAS CUBIERTAS EN TEJA DE BARRO DE LA FINCA "SUMACAL"

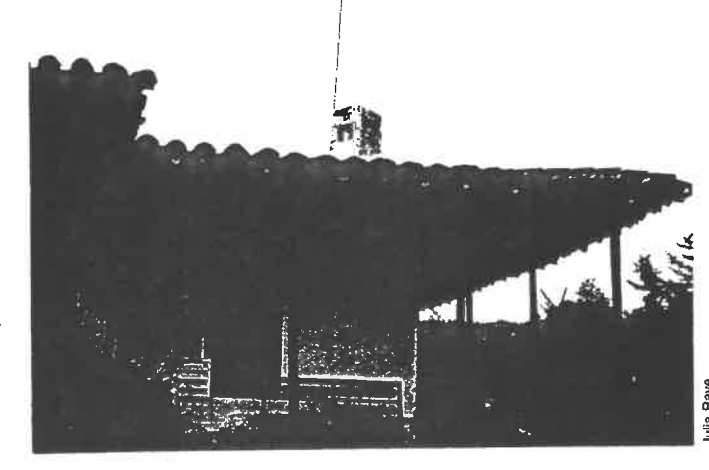


FIGURA 4:
FINCA "SUMACAL" VISTA PARCIAL

ferentes espacios. La construcción casi totalmente realizada en un piso, presenta un punto más alto correspondiente a la segunda planta.

Descripción técnica

Cimientos: Sobre el terreno nivelado se colocó para los cimientos, en un espesor de 0,40 m., piedras a una altura de 0,30 m.

Muros: Con un espesor de 0,40 m., los muros se elevaron en tapia pisada.

Pañetes y acabados: Se empleó el revoque tradicional, llamado ante-

ALCOBA
VIVIENDA MAYORDOMO
GARAJE
ALCOBA
SALON
COCINA
ALCOBA SERVICIO
COCINA
COMEDOR
RECIBO
ALCOBA
ALCOBA
ALCOBA PRINCIPAL
SALON
ALCOBA
CORREDOR

FINCA SUMACAL PLANTA GENERAL ESC. 1:125

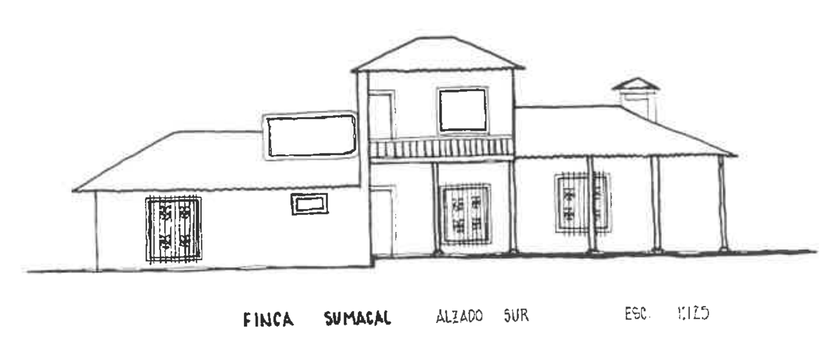




FIGURA 3: FINCA "SUMACAL" PLANTA Y ALZADO SUR.

riormente "tierra de boñiga", con tierra y estiércol de caballo. Posteriormente se aplicó un enlucido con lechada de cal.

Cubiertas: Sobre la estructura del techo, ejecutada en madera rolliza, se colocó sobre una base con esterilla de guadua pañetada con boñiga, tejas de arcilla cocida. El pañete hacia el interior finalmente fue enlucido con cal.

FIGURA 5: FINCA "SUMACAL"
PATIO INTERIOR

Puertas y ventanas: en carpintería de madera; algunas tablas de material de demolición. (Figs. 4, 5).

Construcción con tapia pisada: Como dijimos anteriormente la construcción con esta tecnología ha sido utilizada tradicionalmente en esta región, lo que fue aprovechado para la ejecución de este proyecto. (Figs. 6, 7).

La formaleta, llamada también tapial, utilizada para permitir el apisonado de la tierra, realizada en madera, tiene un metro de largo por 0.80 m. de alto. Cada tapial consta de dos hojas ensambladas entre sí por piezas fuertes, fijadas por medio de rejos que ajustan en la parte alta. Las hojas del tapial descansan sobre traviesas colocadas horizontalmente.

Durante la elevación de los muros, con el objeto de contrarrestar los esfuerzos de tracción, se utilizaron trabas de caña y fique para amarrar los muros.

Posteriormente en el año de 1980, con la experiencia de esta construcción, la arquitecta Rave y el arquitecto Francisco Avila, realizaron con la misma tecnología la Finca Las Tapias localizada en el kilómetro 17 de la autopista Medellín-Bogotá.

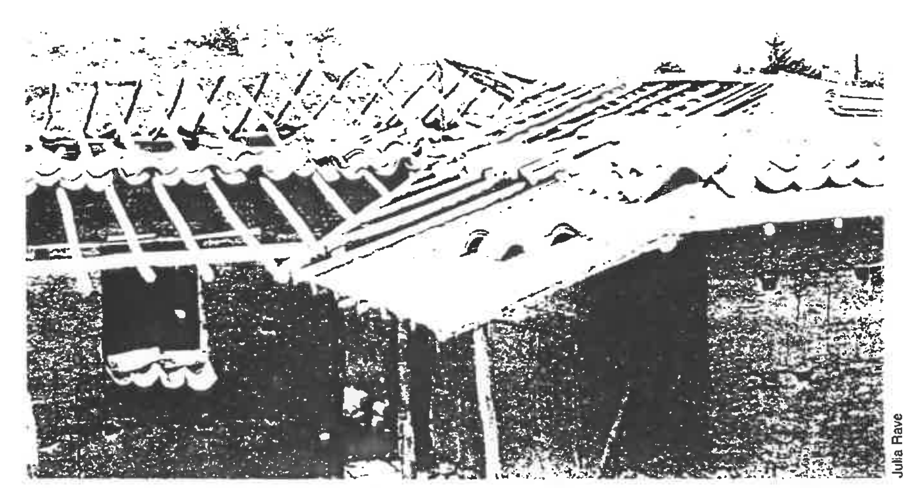


FIGURA 6: CONSTRUCCION DE LA CUBIERTA.

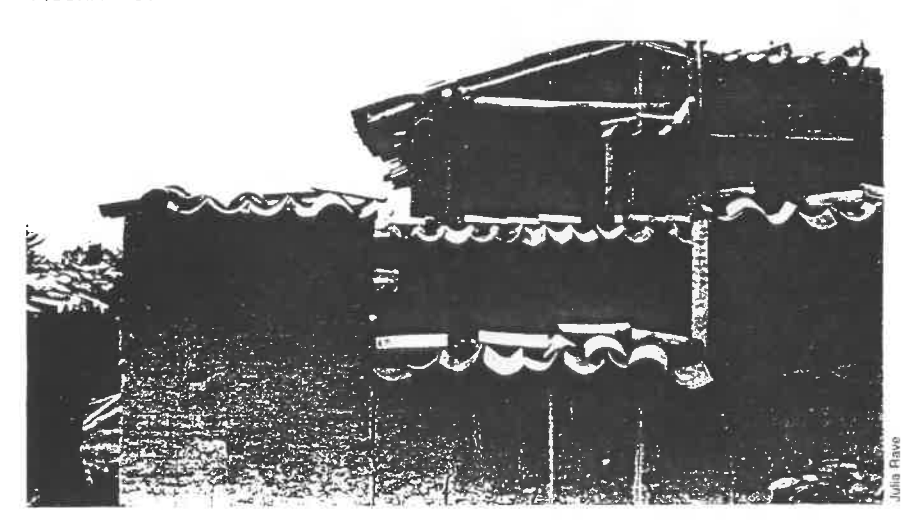


FIGURA 7: ELEVACION DE LOS MUROS EN TAPIA PISADA.

Modelo de vivienda popular construído con suelo comprimido y estabilizado químicamente. Asociación para la vivienda "Mi Casita", Medellín -Antioquia-, 1987

Investigación, diseño y dirección técnica: Francisco J. Gómez R. PEVAL (Plan de Estudios de Vivienda en América Latina).

Este es un ejemplo de investigación aplicada a un caso concreto: se trataba de proponer un nuevo material de construcción más económico que estuviera al alcance de los habitantes de un barrio popular (Asociación para la Vivienda Mi Casita, Medellín), (Figs. 1, 2) en proceso de consolidación. La construcción debía servir como medio de capacitación y además como demostración de la técnica propuesta.

Se optó por aprovechar la tierra, casi el único recurso que brindaba el lugar, proponiendo utilizar los bloques de tierra prensada, haciendo los ensayos para estabilizarlos con productos químicos de fácil adquisición y bajo costo. Se propuso asimismo, un sistema constructivo combinando la mampostería con una estructura aporticada en hormigón, (Fig. 3) siguiendo las normas del Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes, pero incluyendo algunos materiales no convencionales como la cabuya, el alambre de púas, la madera y el mortero de tierra.

Después de clasificar el suelo, se prepararon en el laboratorio pequeñas muestras (especímenes Harvard miniatura) con las distintas mezclas de estabilizantes y tierra. Se probó su resistencia a los esfuerzos de comprensión simple, siete días después.



FIGURA 1: VIVIENDA POPULAR EN BLOQUES DE TIERRA PRENSADOS

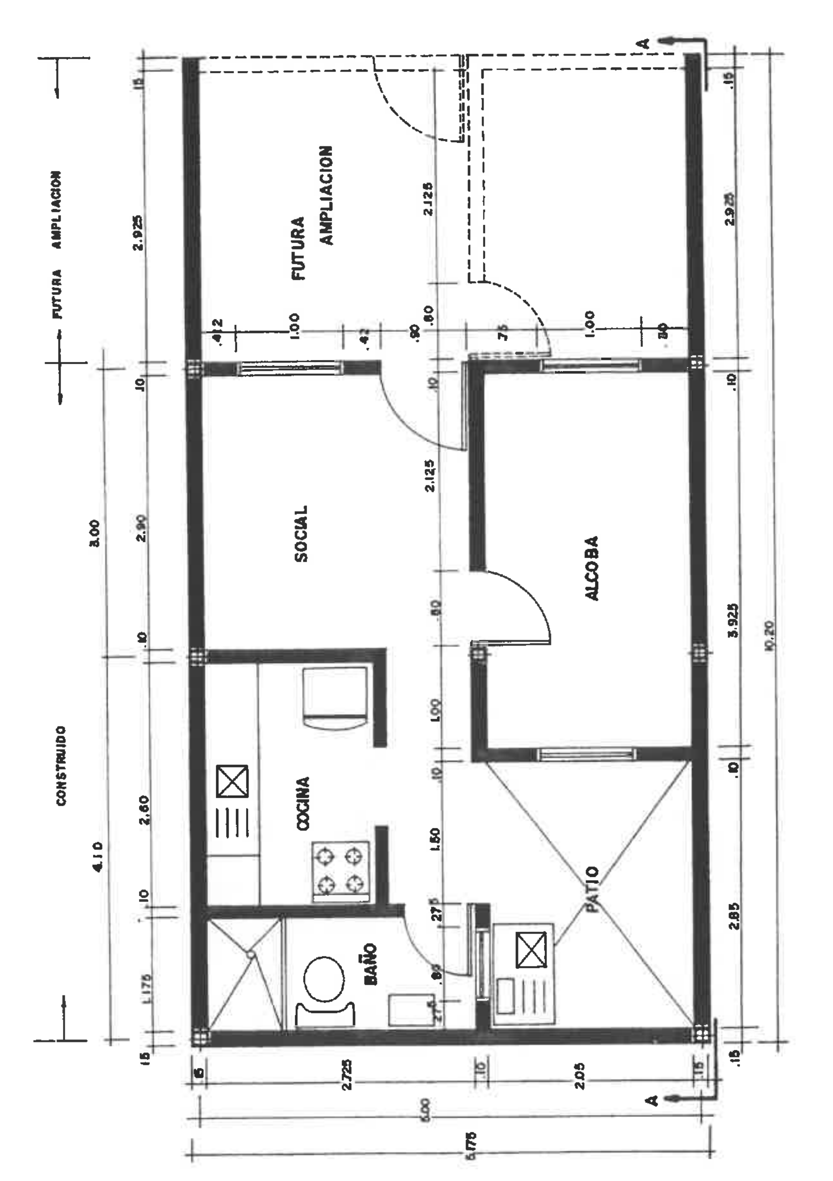


FIGURA 2: PLANTA DE LA VIVIENDA.

Durante la etapa de construcción fue necesario capacitar a la Comunidad para producir los bloques. (Fig. 4). Se hizo un pormenorizado análisis de costos para comparar con otras tecnologías convencionales, del cual se incluye aquí un resumen.

El Material

El suelo bastante arcilloso, sirvió al estabilizarlo con reactivos, para fabricar los bloques en la prensa Cinva-Ram. (Fig. 5). Se recomienda sin embargo hacer un seguimiento al comportamiento del material finalmente utilizado y completar el estudio sobre los acabados más convenientes, y las normas para su utilización en construcciones más complejas.

La cal es el producto más indicado para estabilizar el suelo, pero se recomienda para estudios posteriores, el uso del Texilán, el Protecto y la ceniza de altos hornos, como aditivos, que le ayudarán a mejorar su comportamiento al ser sometido a cargas. El Texilán impermeabiliza y aumenta la cohesión del suelo, reaccionando a su vez con la cal. El Protecto aumenta la resistencia a la fricción y al impacto, disminuye el desprendimiento de polvo de las superficies. La arena de peña mezclada al suelo, disminuye su resistencia a la compresión, pero aminora la retracción durante el secado. Para pegas y pañetes se utilizó un mortero bastardo compuesto por cal, cemento y arena en proporción 1:2:8, aplicado sobre el bloque previamente humedecido, para evitar las grietas en el mortero.

Conclusiones

- Se obtuvo un material de muy buena calidad, de bajo costo y fácil fabricación, utilizable tanto en vivienda rural como urbana que, trabajando adecuadamente, proporciona ventajas sobre los materiales convencionales de construcción pero requiere más investigación y más trabajo práctico.

- Es importante replantear el Código Sismo-resistente, de manera que abarque los materiales no convencionales y las tecnologías apropiadas, es decir que se ajuste a las condiciones reales de las clases populares, sin desconocer sus necesidades ni reducir sus alternativas de construcción.

- Es necesario renovar los métodos de ensayo encaminados a dosificar mezclas de suelo-cemento y no continuar utilizando adaptaciones de procedimientos costosos, demorados y poco representativos, que podrían desembocar en eventuales desviaciones de la realidad.

- Existen universidades, empresas privadas y oficiales y comunidades, interesadas en apoyar la investigación en este sentido. Las nuevas propuestas de investigación deben apoyarse en los trabajos realizados durante los últimos años en todo el mundo.

- Se debe hacer un estudio sobre los revoques, pinturas y acabados más convenientes para utilizar sobre este material.

- Es importante hacer un segui-

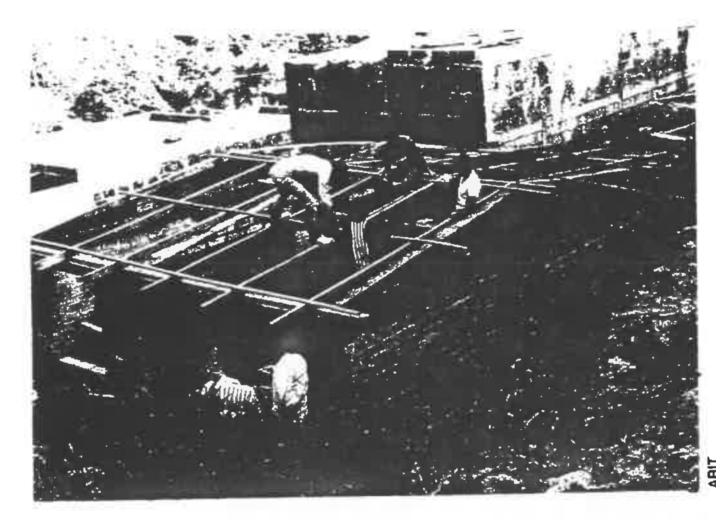
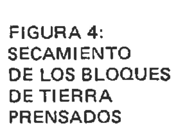


FIGURA 3:
ESTRUCTURA DE LA VIVIENDA EN HORMIGON ARMADO Y MUROS EN BLOQUES DE TIERRA PRENSADOS




FIGURA 4:
SECAMIENTO DE LOS BLOQUES DE TIERRA PRENSADOS

miento posterior, no sólo a nivel técnico, sino también sobre los cambios sociales que genere en la Comunidad la nueva tecnología.

Análisis de Costos

Para obtener el valor de la inversión inicial requerida para producir el bloque (sin agregar costo para el material tierra), en mayo de 1987, se sumó el costo de la prensa Cinva-ram al de las herramientas (baldes, costales, polietileno, palas, palustres, etc.), y este resultado se dividió entre la cantidad de bloques empleados (2.800) para construir la vivienda modelo.



FIGURA 5: ELEVACION DE LOS MUROS CON BLOQUES DE TIERRA PRENSADOS

(Valores en pesos colombianos — febrero de 1987).

Prensa	Herramientas	valor total	valor unidad
$32.030	$10.398	$42.428	$15.10

Si sumamos los estabilizantes:

Cal	Dynasolo		
$13.440	$ 5.600	$19.040	$ 6.80

Y la mano de obra no capacitada. (Dos personas produciendo 300 bloques /día).

Mano de obra	$13.682	4.90
VALOR TOTAL	$75.002	$26.80

El costo del ladrillo cocido en la misma fecha era de $45.00/unidad, siendo de diferentes dimensiones que el bloque (ladrillo: 10 x 20 x 40; bloque: 10 x 15 x 30), se comparó el valor del metro cuadrado de muro producido con uno y otro material.

Muro en bloques de tierra prensada $893/M2
Muro en ladrillo cocido hueco $1.125/M2

En conclusión, la utilización de estabilizantes químicos aumenta el costo del bloque pero permite producir un material de muy buena calidad, que sigue siendo más económico que los demás materiales para mampostería que se ofrecen en el mercado.

Análisis de los materiales obtenidos

Los siguientes cuadros presentan un resumen de los materiales más interesantes obtenidos en el laboratorio. Se seleccionaron teniendo en cuenta principalmente la resistencia y el costo. Los detalles de la investigación pueden ser solicitados en el CEHAP, antiguo PEVAL, Medellín. Centro de Estudios del Habitat Popular AA. 1779 Medellín, Colombia.

CUADRO No. 1 – BLOQUES			
Mezcla	% de estab.	**Comprensión Kg/cm2**	**Contracción %**
Tierra		11.0	7.0
Tierra:cal	5	20.7	3.2
Tierra-cal. Cloruro de calcio			
dosificación: 1:500 –	4	20.9	5.0
1:7.500	4	19.7	4.0
Tierra:cal:Dynasolo			
dosificación: cal=4%	1	20.1	6.1
dynasolo=1:1000	2	22.8	6.7
concentrac.=10%	4	19.9	4.9

CUADRO No. 2 – MORTEROS DE PEGA	
Mezclas	**Observaciones**
Texilán:Cagajón:Tierra:Agua 1 : 4 : 10 : 5:	Buena adherencia. Fácil de usar. Grietas verticales. Color gris y negro.
Polipropileno:Texilán:Tierra:Agua 1 : 2 : 5 : 10:	Grietas verticales. No adhiere bien. Color café oscuro.
Cal:Tierra:Texilán 1 : 5 : 1 : 20:	Grietas verticales.
Cal:tierra:Texilán:cabuya 1 : 10 : 1 : 10:	Grietas verticales Difícil de aplicar
Arena: cemento: cal:tierra 1 : 1 : 3 : 5:	Pocas grietas verticales. Buena adherencia. Fácil de trabajar. Color gris.
Cal: Dynasolo:tierra:Texilán 1 pal:1 frasco: 10 pala: 1:15	Grietas verticales. Difícil de trabajar.
Arena: cemento: cal: tierra 1 : 1 : 3 : 10:	Buena adherencia. Pocas dilataciones. Difícil de usar. Color rojo con café.
Dynasolo:cal:tierra:Texilán 1 frasco: 2 pal: 20 pala: 1:10	Grietas verticales. Difíciles de usar.
Cal:tierra:cabuya 1 : 5 :	Grietas verticales. Difícil de usar.
Cal:cemento:arena 1 : 2 : 8 :	Sin grietas verticales. Muy buena adherencia. Fácil de trabajar. Color gris.

Todas las mezclas presentaron grietas verticales que coinciden con las juntas del mortero y el bloque, excepto la última. En todos los casos las grietas fueron verticales.

Vivienda rural en el trópico húmedo. Sistema para el mejoramiento de viviendas rurales en zonas de colonización. Construcción de los prototipos: enero de 1984

Investigación y propuesta: Santiago Moreno González, profesor asociado, Universidad Nacional de Colombia.

Antecedentes: El proceso de colonización en la zona tropical húmeda de Colombia, se ha efectuado sin una planeación previa, enfrentándose el colono a un medio desconocido por él, sin capacitación y asistencia técnica, viéndose obligado a aplicar tecnologías inadecuadas, produciendo deterioro del medio ambiente y de la calidad de vida de la población.

La necesidad de desarrollar actividades que disminuyan los efectos negativos y de ofrecer alternativas técnicas que mejoren las condiciones de habitabilidad en la zona motivó a la UNICEF a financiar los estudios que concluyeron en el sistema propuesto, el cual fue puesto en ejecución por la Corporación Araracuara en la zona rural de San José del Guaviare, contando con financiación de la Caja Agraria.

El sistema permite el mejoramiento progresivo de las viviendas existentes, con énfasis en la zona de cocina y servicios sanitarios y su ejecución está prevista para ser realizada con microempresas.

El sistema consiste en una estructura básica que sirve de soporte y contenedor de los diferentes tipos de espacios de la vivienda, y de alternativas de colocación y terminación, de acuerdo a las necesidades y utilización de los recursos de la zona y del sitio en particular.

Propuesta técnica de solución

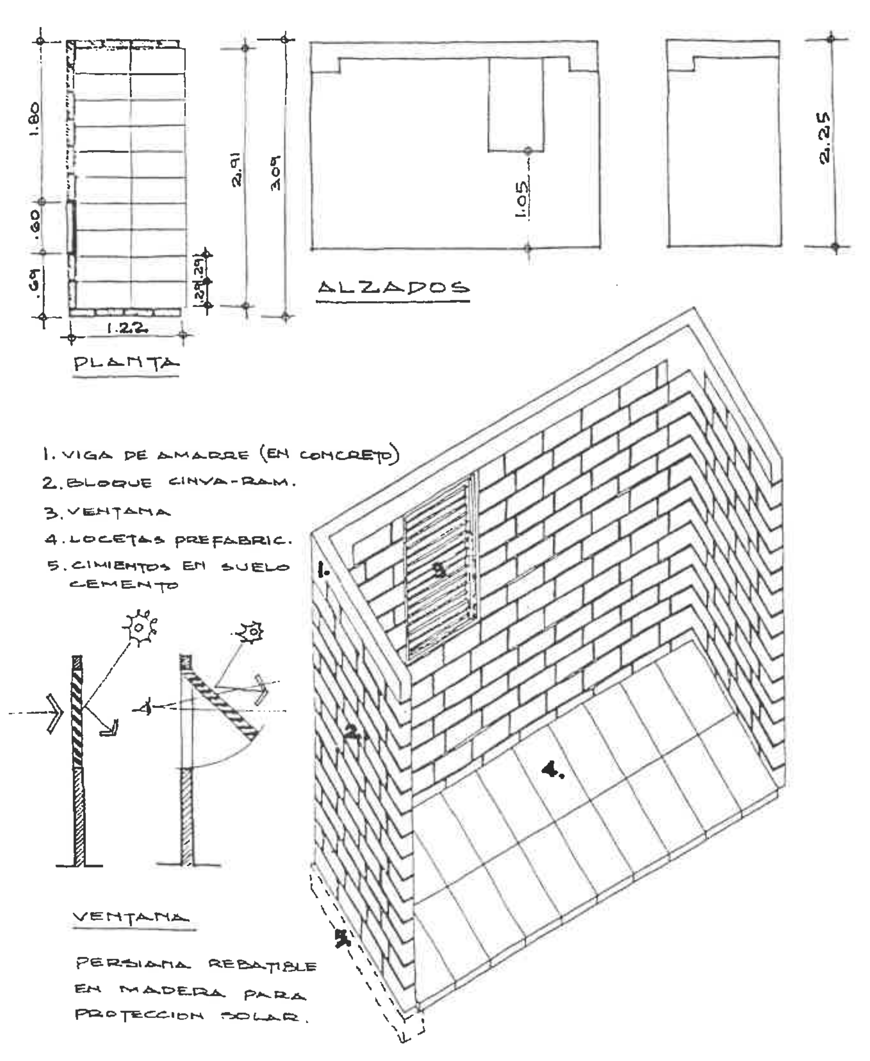
Para dar respuesta a los objetivos y criterios mencionados, se diseñó un sistema constructivo y arquitectónico, más que una respuesta única.

El sistema permite adaptarse a la tipología de vivienda adecuada para la zona, la cual corresponde a la de unidades aisladas con espacios especializados, unidad de habitación, unidad de cocina y unidad de servicios.

Se ofrecen alternativas de construcción que corresponden a los tres tipos de acciones que contemplan la modalidad de crédito actual, saneamiento y vivienda nueva, haciéndose énfasis en un desarrollo progresivo para mantener una inversión inicial mínima.

Un factor determinante para el diseño del sistema, fue el de contar con un elemento repetible, que al ser

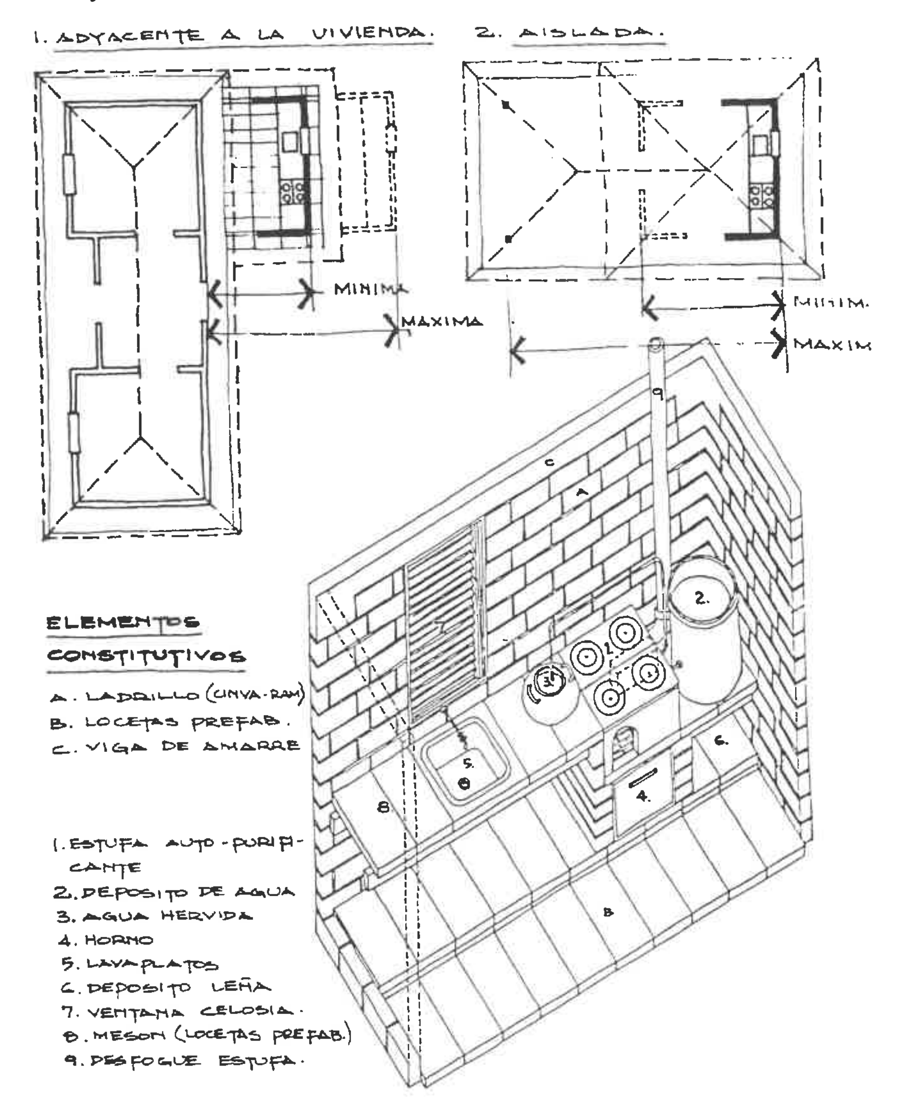
ESTRUCTURA BASICA.



Santiago Moreno

FIGURA: 1

UNIDAD DE COCINA



Santiago Moreno

reproducido por una microempresa involucraba alguna complejidad, ofreciendo una mejor calidad y eficiencia en el uso de los recursos, además de facilitar la prestación de la asistencia técnica y la supervisión final.

Recursos de la zona utilizados:

Cubierta: Zinc No. 8. Estructura de madera rolliza, abundante en la zona y armada según el conocimiento local.

Muros: Bloques de suelo-cemento CINVA-RAM Tablas de madera (3.00 x 0,30 x 0,02) Palma, Yaripa.

Pisos: Locetas prefabricadas de hormigón. Cemento afinado.

Puertas y Ventanas: Ventanas de persiana para protección solar. Ventanas de madera y angeo. Puertas de madera.

Cimientos: Placa de hormigón. Suelo-cemento. Pilotes de madera.

Estructura Básica

Es una estructura en forma de "U" de 3,09 x 1,22 x 2,25 mts. conformada por bloques de suelo-cemento CINVA-RAM (0,09 x 0,14 x 0,29 m.) colocados en pandereta (por la cara de 0,09) para aumentar el rendimiento. La estructura se remata en la parte superior con una viga de amarre en hormigón reforzada en sus esquinas. *(fig. 1).*

Para la conformación de los espacios con la estructura básica, los criterios son:

—Localización de la dimensión mayor de cara al sol,
—Conformación de un espacio a prueba de fuego para la cocina,
—Servir de elemento estructural estable,
—Mejora del aspecto de las viviendas al incorporar un material durable.

La UNIDAD DE COCINA, contenida dentro de la estructura básica, consiste en un espacio donde se encuentran:

—zona de preparación de alimentos,
—zona de cocción,
—depósitos.

Esta unidad puede ser localizada adyacente a la vivienda, utilizando como cubierta una prolongación del techo existente, o aislada de la vivienda con cubierta independiente, conformando un espacio interior mínimo de 2,91 x 2,91 m. *(fig. 2).*

Para la conformación de las UNIDADES DE HABITACION se parte de la estructura básica, cuya dimensión interna (2,91 m.) guarda relación con las camas.

La fachada menor se orienta hacia el sol, para disminuir la exposición al sol de la construcción en esta zona del país cuya temperatura promedio es de 30°C y con pocas variaciones anuales. *(fig. 3).*

Como complemento a la vivienda se propone una UNIDAD SANITARIA, la cual igualmente está contenida en una estructura básica, inclu-

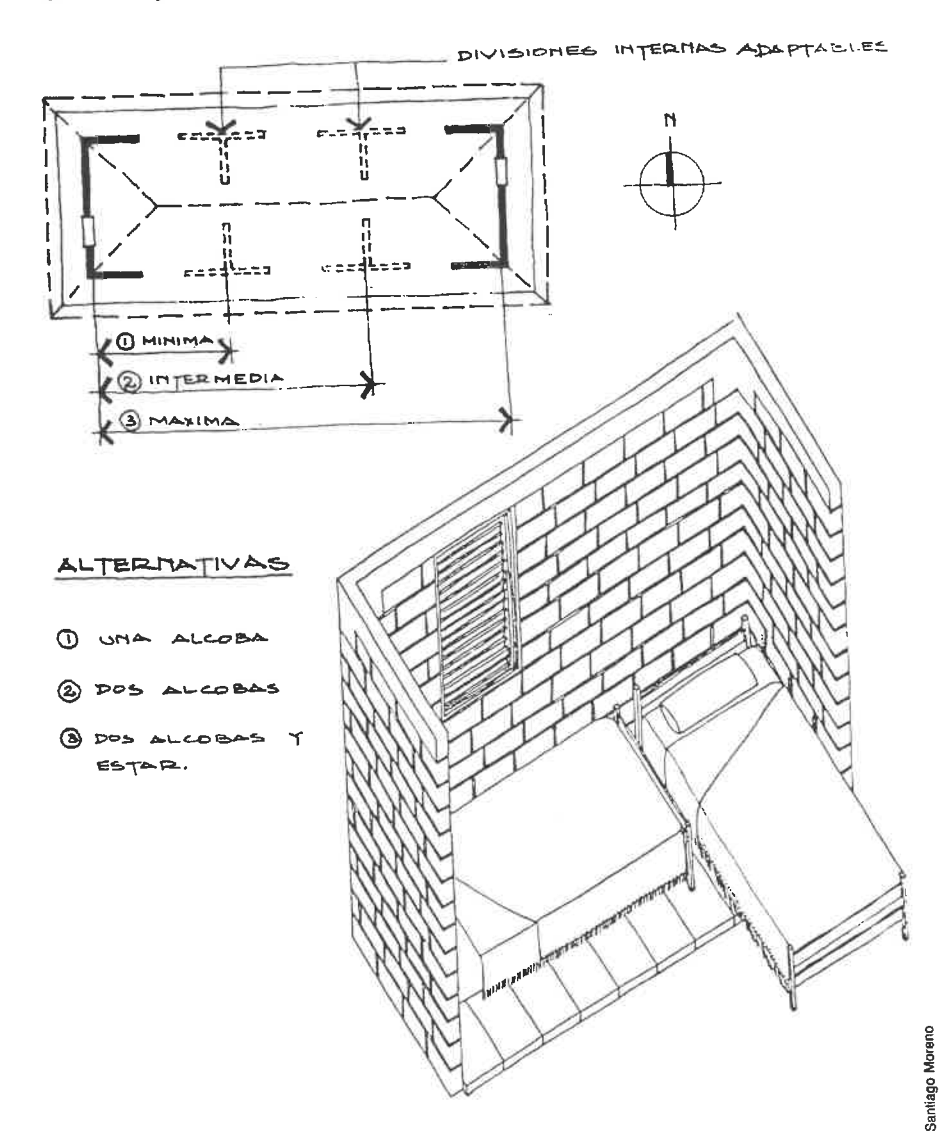
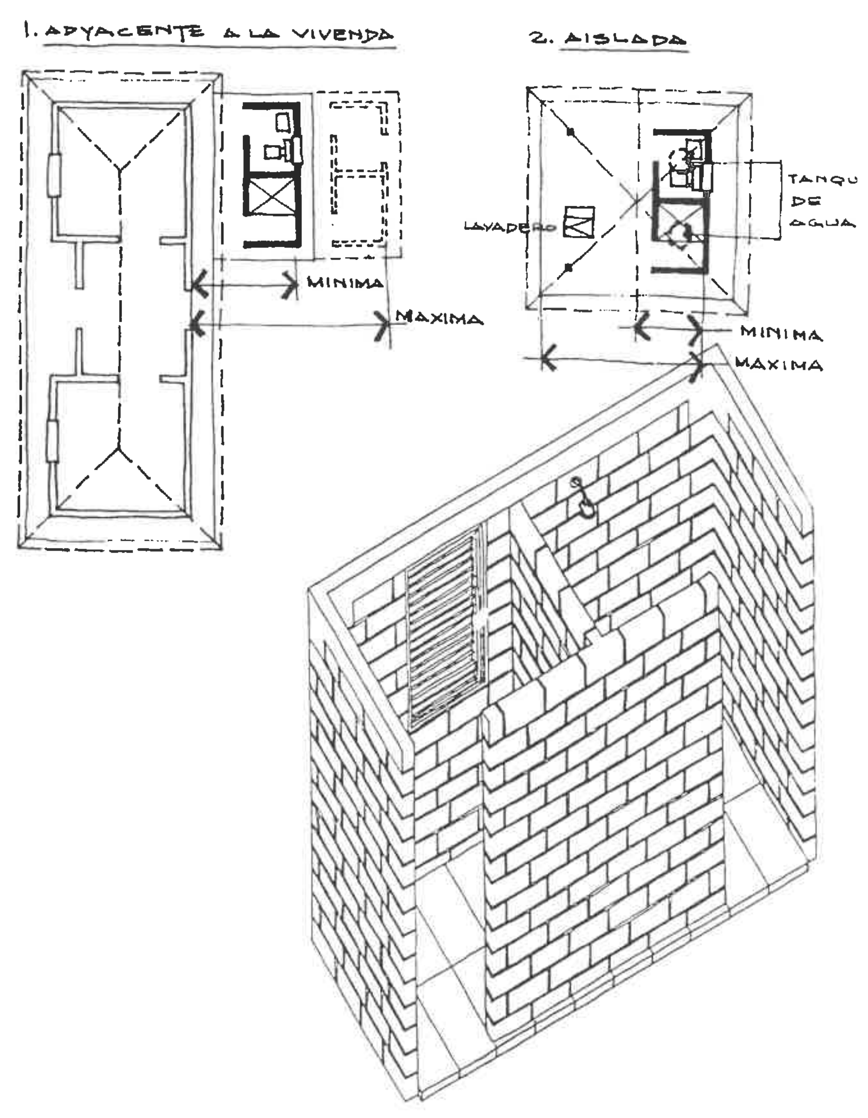

UNIDAD DE HABITACION
DIVISIONES INTERNAS ADAPTABLES
N
① MINIMA
② INTERMEDIA
③ MAXIMA
ALTERNATIVAS
① UNA ALCOBA
② DOS ALCOBAS
③ DOS ALCOBAS Y ESTAR.
Santiago Moreno

FIGURA: 3

UNIDAD DE SERVICIOS.



Santiago Moreno

FIGURA: 4

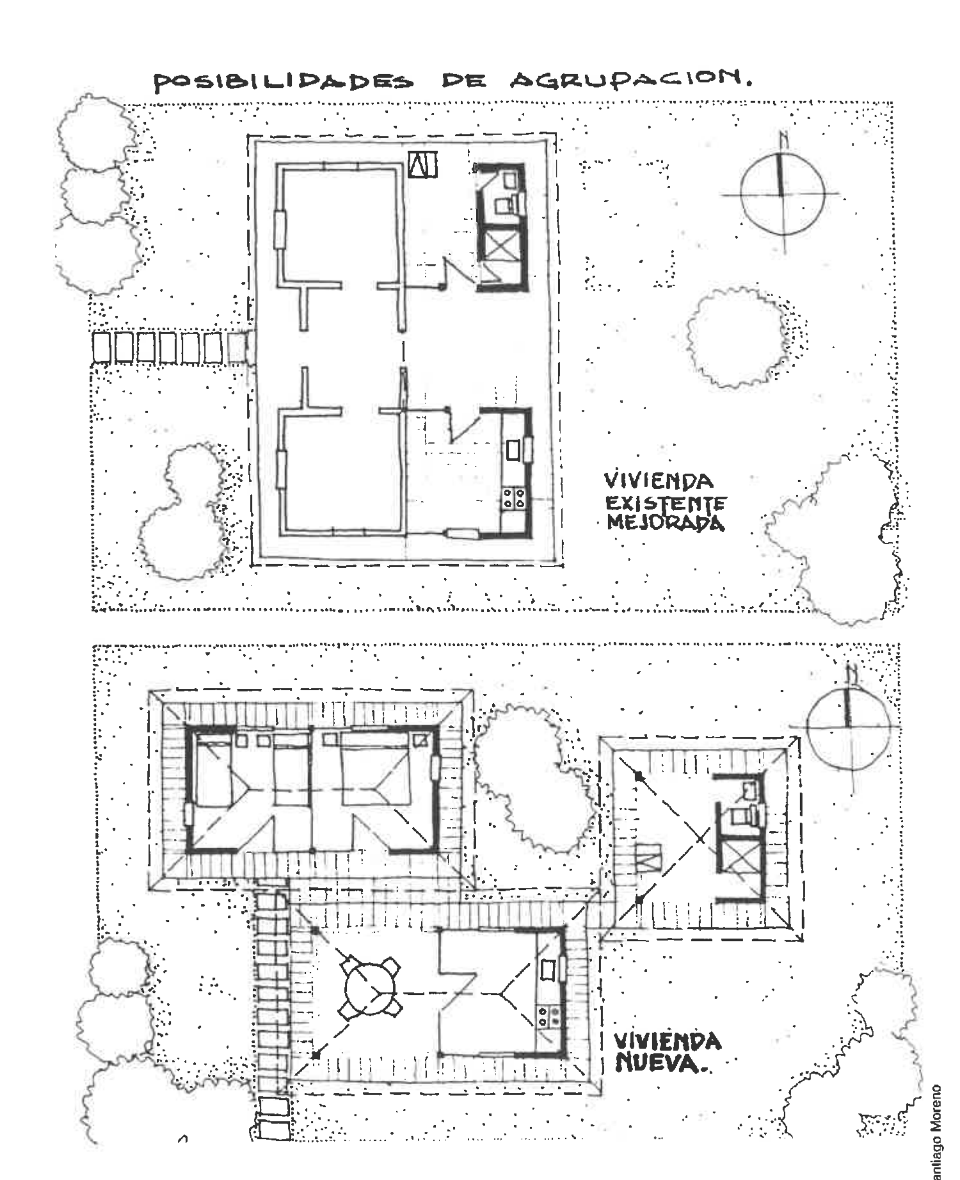

POSIBILIDADES DE AGRUPACION.
N
VIVIENDA
EXISTENTE
MEJORADA
N
VIVIENDA
NUEVA.
Santiago Moreno

FIGURA: 5

ye espacio para sanitario y lavamanos y otro espacio para ducha y cambio de ropa. Puede localizarse adyacente a la vivienda o aislada de ella. *(fig. 4).*

Las diversas unidades que responden a necesidades especiales de espacios conformarán conjuntos que deberán ser **adecuados** a las condiciones funcionales y ambientales del lugar. Inicialmente se construyeron dos prototipos para confrontar las posibilidades del sistema.

Prototipo 1: vivienda nueva con dos alcobas, cocina, comedor y servicios sanitarios.

Prototipo 2: vivienda existente, que se complementó con una unidad de cocina y otra para servicios sanitarios. *(fig. 5).*

Glosario

ADOBE: Masa de arcilla o de tierra arcillosa sin cocer, a veces mezclada con paja que una vez moldeada se deja al aire para que tome solidez. Sus medidas varían según cada región.

ADOBERA: Molde para hacer adobe.

ADOBON: Pedazo de tapia que se hace de una vez. En Colombia tapia pisada.

AGUJA: Barra de hierro o pieza de madera que sirve para mantener paralelos los tableros de untapial.

ASFADOBE: Adobe estabilizado con asfalto.

ATAKWA: Define el muro conformado por hiladas en bandas de cuarenta centímetros de alto y veinte o 30 centímetros de espesor. La tierra mezclada con los pies es moldeada con las manos en el sitio. Este tipo de construcción es utilizado en el Alto Volta, Togo y Benin.

BAHAREQUE O BAJAREQUE: Nombre latinoamericano que designa una estructura vegetal de mandera o bambú con relleno de tierra mezclada con fibras vegetales.

BANCO: Ver Bahareque. Utilizada en Africa y por extensión designa toda pared elevada con una proporción de tierra mezclada.

BAUGE: Palabra francesa que designa una mezcla de tierra y paja usada para construir muros sin el empleo de formaletas. (Bousillage, Cob, moldeado directo).

BIGOTS: Nombre empleado en el norte de la Vendee (Francia) para designar las pilas de tierra utilizadas para la construcción de un muro (ver Bauge).

BLOQUE DE TIERRA PRENSADO: La tierra es apisonada en un molde o compactada con una prensa.

BLOQUE DE TIERRA RECORTADO: El bloque es recortado directamente en la cantera.

BOLAS DE TIERRA: Tierra mezclada con paja, como para el adobe. Las bolas que se han moldeado se dejan secar, para ser posteriormente colocadas en el muro.

BOUSILLAJE: Ver Bauge.

CAJON: Tipo de construcción por la cual se construyen paneles con una mezcla de tierra. Se asemeja al Colombage Garnisage-Clayonnage.

CESPEDON: Casa cuyos muros y algunas veces el techo, son construidos con cespedón

(pedazo de grama). Generalmente se coloca el lodo vegetal hacia abajo. Este tipo de construcción ha sido utilizado en E.U., originario de Nebraska y Kansas, llamado "Sod o Soddys".

COB: Utilizado en Gran Bretaña designa al barro mezclado con paja desmenuzada, cal y, a veces, una pequeña cantidad de agregados (guijarros).

CODAL: V. Aguja.

COLOMBAGE: Estructura de madera cuyos vacíos se llenan con ladrillos, bloques, adobe o con "clayonnage-garnisage"

CLAYONNAGE—GARNISAGE: Ver Quincha.

COSTAL: Cada uno de los listones de madera que sirven para mantener los tableros de los tapiales en posición vertical.

CHIKA: Pasta de tierra en Etiopía.

DAGGA: Mezcla de arcilla, arena y agua, utilizada como mortero en la construcción con bloques de tierra y en el pañete de los muros. Se le agrega generalmente un estabilizante.

GAVERA: Ver adobera.

GEOBETON: Designa el hormigón de tierra, utilizado según el proces Geotek.

GREDA: Arcilla arenosa.

HORMIGON: Mezcla de aglomerante, arena y grava, cascote o canto rodado, amasada con agua. Según el aglomerante empleado, el ormigón es de cemento o de cal; si entran ambos componentes se llama bastardo.

HORMIGON DE TIERRA: Termino reciente se refiere a una mezcla dosificada de gravillas, arenas y limos, aglomerados por la arcilla.

HORMIGON DE TIERRA ESTABILIZADA: Hormigón de tierra en el cual un estabilizante (cal, por ejemplo) mejora las cualidades del material (resistencias, etc.).

IGUALA: Listón de madera con el que los albañiles reconocen la llanura de las tapias o de los suelos. Maestra. Regla o reglón.

JALOUS: Termino utilizado en Sudán para designar el barro mojado y pegajoso colocado en capas sucesivas.

KUTCHA: Vivienda temporal con pared de barro y techo de paja en la India.

MECATER: Designa el hormigón de tierra estabilizado.

MOLDEADO DIRECTO: Ver Bauge, Cob, Atakwa.

PIOCHA: Herramienta de albañil con una boca cortante que sirve para desprender los revoques de paredes y para descafilar ladrillos.

PISON: Instrumento cilindrico o de otra forma prismática pesado y provisto de mango, propio para aplastar piedras, apretar y compactar tierras, etc.

POT-O-POT: Barro.

QUINCHA: En esta técnica se recubre con barro una estructura o tejido de cañas. ("Wattle and Daub" en Inglés).

SWISH O ATEHEPANE: En Ghana, laterita colocada en capas alisadas de cuarenta y seis centímetros de altura.

TAIPA: Clayonnage - garnisage, de origen portugués.

TAPIA: Término empleado en el Perú. Proceso que designa la elevación de una pared rellenando un tapial y apisonándolo. En Colombia "tapia pisada", en Francia "pisé" Tapia pisada real: la que se forma mezclando la tierra con una parte de cal.

TAPIAL: Molde compuesto por dos tableros apuntalados por los costales y las agujas, para formar tapias.

TAPIA FUNDIDA: Tierra en estado líquido que se funde en encofrado. Se puede realizar en una operación a lo largo del muro o progresivamente. Las fisuras producidas en el secado pueden ser rellenados posteriormente.

TERONI: Similar a la construcción con adobe, o con "soddys": los bloques de cespedón secados al sol se utilizan para la construcción de muros. Todavía permanece en buen estado una iglesia construída en Nuevo México, en 1621 con esta técnica.

TERRACRETE: Hormigón de tierra estabilizado con cemento en E.E.U.U. Tierra estabilizada: Designa la mezcla de arcilla arenosa, agua y algún agente estabilizante con el objeto de aumentar la resistencia al agua. Esta mezcla se utiliza también en la construcción de vías.

TORCHIS: Mezcla de tierra, agua y fibras que se coloca sobre una estructura de madera. De origen francés.

TOUB: Ladrillo sin cocer, árabe y francés.

TUBALI: Término del oeste de Africa, originario de Nigeria, designa los bloques piriformes elaborados a mano a partir deuna mezcla de tierra, de agua y de hierbas frescas o secas. Son colocados en tres o cuatro hiladas cuidando que las partes irregulares queden sobre el mortero.

WATTLE AND DAUB: Ver Quincha.

Bibliografía

- **Editions Parenthèses**

Les Plâtrières - 13360 Roquevaire France

- **Krauthammer**

24 Obere Zäune - 8001 Zürich Suisse

ALEMAN

Architektur der Verganglichketi Lehmbauten der Dritten Welt
Adam, J.A. et al
München, Die Neue Sammiung Staadliches Museum für angewandte Kunst, 1981

Wohn-und Siedlungsformen im Süden Marokkos
Adam, J.A.
München, Georg D.W. Callwey, 1981

Lehmarchitektur. Die Zukunft einer vergessenen Bautradition
Dethier, J.
München, Prestel, 1982.

Auch in Lehmhaus lässt sich's leben
Gardi, R.
Paris-Bruxelles, Elsevier Séquoia, 1974.

Lehmarchitektur, Rückblick-Ausblick.
Gate
Frankfurt am Main, Gate, 1981.

Lehmarchitektur in Spanien und Africa
Lender H., Niermann, M.
Langewiesche, Karl Robert, 1980.

Alternatives Bauen
Minke, G.
Kassel, Gesamthochschule, 1980.

Der Lehmbau, seine praktische "Anwendung"
Niemeyer, R.
Grebenstein, Oko, 1982.

Am Anfang die Erde-sanfter Baustoff Lehm
Schneider, J.
Frankfurt/Main, Fricke im Rudolf Müller, 1985

Leichtlehmbau
Volhard, F.
Karlsruhe, CF Müller GmbH, 1983.

Die Lehmarchitektur der Pueblos
Wienands, R.
Köln, Studio Dumont, 1983

INGLES

Adobe codes from around the south west
Adobe News
Albuquerque, Adobe News, 1985.

Mud, mud
Agarwal, A.
London, Earthscan, 1981

Build your own adobe
Aller, P. and D.
Stanford, Stanford university press, 1978

Dirt cheap, the mud brick book
Archer, J. and G.
Melbourne, Compendium Pty, 1980.

The sod house
Barns, C.G.
Lincoln/London, Bison book, University of Nebraska press, 1970.

Making the adobe brick
Boudreau, E.H.
California, Fifth Street press, 1974

Spectacular Vernacular, a new appreciation of traditional desert architecture
Bourgeois, J.L.; Pelos, C.
Salt Lake City, Gibbs M. Smith, 1983

Early architecture in Mew Mexico
Bunting, B. et al.
Santa Fe, Fort Burgwin research center Museum of New Mexico, 1975

Of earth and timbers made
Bunting, B.; Lazar, A.
Albuquerque, University of New Mexico press, 1975

Soil cement, its use in building
CINVA
New York, United Nations, 1964

African traditional architecture
Denyer, S.
New York, Africana, 1978.

Mud Brick roofs
Department of housing and urban development
Washington, Office of International Affaires, 1973

Down to earth, mud architecture: an old idea, a new future
Dethier, J.
London, Thames and Hudson, 1982

The rammed earth experience
Eastern, D.
Wilseyville, Blue Mountain press, 1982

Home sweet dome
Ebert, W.M.
Frankfurt am Main, Dieter Fricke GmbH, 1981

Architecture for the poor
Fathy, H.
Chicago, University of Chicago press, 1973

Manual on stabilized soil construction for housing
Fitzmaurice, R.
New York, United Nations, 1958

Rural shelter in Southern Africa
Frescura, F.
Preoria, Sigma press, 1981

Adobe designs
Gano, E.J.
Pueblo, Gano, 1980

How to build adobe houses... etc.
Garrison, P.
USA, Tab books, Blue Ridge Summit, 1979.

Mud space and spirit
Gray, V.; Macrae, A.
Santa Barbara, Capra press, 1976

Adobe a comprohensive bibliography
Hopson, R.C.
Santa Fe, The lightning tree, 1980

Holy Adobe
Hughes, L.H.
El Paso, Hughes publishing Co, 1981

The manufacture of asphalt emulsion stabilized soil bricks and bricks makers manual
International Institute of Housing Technology
Fresno, IIHT, 1972

Local materials. A self builder's manual
Kahane, J.
London, Publication Distribution Co-operative, 1978

Rammed earth
Kern, K.
Owner builder publications California, 1980

The owner built home
Kern, K.
New York, Charles Scrrbner's Sons, 1975

We are what we stand on
Knox, A.
Eltham, Adobe press, 1980

Adobe, past and present
Lumpkins, W.
Albuquerque, University of New Mexico printing plant, 1974

Casa del Sol
Lumpkins, W.
Santa Fe, Santa Fe Publishing Co, 1981

Adobe and rammed earth buildings
McHenry, P.G.
New York, John Wiley and Sons, 1984.

Adobe, build it yourself
McHenry, P.G.
Tucson The University of Arizona press, 1974

Build your house of earth
Middleton, G.I.
Victoria, Compendium Pty, 1979

Manual for building a rammed earth wall
Miller, L. and D.
Greeley, REII, 1980

Rammed earth, a selected world bibliography
Miller, L. and D.
Greeley, REII, 1982

The owner-built adobe house
Newcomb, D.G.
New York, Charles Scribner's Sons, 1980

The adobe book
O'Connor, J.F.
Santa Fe, Ancient City press, 1973

Shelter in Africa
Oliver, P.
London, Barrie and Jenkins, 1971

Adobe craft, illustrated manual
Schultz, K.V.
Castro Valley, Adobe craft, 1974

The portalab manual
Scoggins, H.
Alamorgodo, N.M. Appropriate technology program, 1982

Adobe bricks in New Mexico
Smith, E.W.
Socorro, Circular 188, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, 1982

Build with adobe
Southwick, M.
Chicago, the swallow press, 1971

Adobe architecture in New Mexico
Stedman, M.L.
Santa Fe, The sunstone press, 1971

Adobe remodeling
Stedman, M.L.
Santa Fe, The sunstone press, 1976

Appropriate building materials
Stulz, R.
St. Gallen, SKAT, 1981

Adobe, in the Americas and around the world history, conservation and contemporary use.
UNDP/UNESCO
Travelling exhibition. Lima, UNDP/UNESCO, 1984

Homegrown sundwellings
Van Dresser, P.
Santa Fe, The lightning tree, 1979

So you want to see a solar building? A tour guide for northern New Mexico

Wells, M.; Williamson, J.
Santa Fe, NMSEA, 1983

Sod walls
Welsch, R.L.
Nebraska, Purcells Inc, 1968

Handbook for building homes of earth
Wolfskill, L.A. et al.
Greeley, REII, 1983

PORTUGUES

Arquitetura de terra ou o futuro de uma tradiçao milenaria
Dethier, J.
Rio de Janeiro, Avenir Editoria Limitada, 1984

ESPAÑOL

Barro, Barro!
Argawal, A.
London, Earthscan, 1981

Architecturas de adobe
Bardou, P.; Arzoumanian, V.
Barcelona, GG, 1979

Seguir construyendo con tierra
CRATerre
Lima, Mesa Redonda, 1984

FRANCES

Bâtir en terre
Agarwal, A.
London, Earthscan, 1981

Archi de terre
Bardou, P.; Arzoumanian, V.
Marseille, Editions Parenthèses, 1978

Le béton de terre stabilisé et son emploi dans les travaux de construction
CINVA
New York, Nations Unies, 1964

Construire en terre
CRATerre
Paris, éditions Alternatives et Parallèles, 1979

L'Architecture de terre, Bâtiments caractéristiques de la région Rhône-Alpes
CRATerre; Groupe Pisé
Bourg-en-Bresse, CAUE de l'Ain, 1983

Des architectures de terre, ou l'avenir d'une tradition millénaire
Dethier, J.
Paris, CCI, 1981

Construire avec le peuple
Fathy, H.
Paris, éditions Jérome Martineau, 1970

Manuel de constructions en béton de terre stabilisée
Gitzmaurice, R.
New York, Nations Unies, 1958

Maisons africaines
Gardi, R.
Paris-Bruxelles, Elsevier Séquoia, 1974

ITALIANO

Moschee in adobe, storia e tipologia nell'Africa Occidentale
Ago F.
Roma, Kappa, 1982

Le case di terra, memoria e realta
CLUA
Pescara, CLUA, 1985

Architetture di terra
Dethier, J.
Milano, Electra, 1982

Le meraviglie dell'architettura in terra cruda
Galdieri, E.
Roma, Editori Laterza, 1982

Lista de organismos

ALGERIA

CNERIB
Cite Mokrani Nouvelle - Souidania - Wilaya Tipaza
Terre en général

LNBTP
Route des 4 Canons - Alger
Blocs comprimés

ALLEMAGNE

CRATERRE
53 Jahnstrasse - 6100 Darmstadt
Terre - Paille

GESAMTHOCHSHULE KASSEL
FORSCHUNGSLABOR FUR EXPERIMENTELLES BAUEN
FB 12. Postf 101380 - 13 Menzellstrasse - Kassel
Nouvelles techniques et revue

BELGICA

CRA
UCL - DA VINCI
1, place du Levant - 1348 Louvain La Neuve
Etudes de cas

CRATERRE BELGIUM
57, rue Franz Merjay - 1060 Bruxelles
Terre en général et documents iconographiques

HET LEMEN HUIS
7 Sint Petrusstraat - 3404 Attenhoven
Torchis

PGC HS
Kul Kasteel Arenberg - 3030 Heverlee
Etudes de cas

BRASIL

CEPED
Caixa postal 09 42800 - Camaçari - Bahid
Pise

BURKINA FASO

ADAUA
BP 648 - Ougadougou
ONG - Construction

COLOMBIA

ARIT
Arquitectura e Investigación en Tierra
Carrera 3 A No. 30 - 33
Bogotá - Colombia

COSTA DE MARFIL

LBTP
BP 4003 - Abidjan
Blocs comprimés et caractérisation

FRANCIA

CEBTP
12 rue Brancion - 75737 Paris Cedex 15
Badigeons

CRATERRE
Les Rivaux - Brie et Angonnes - 38320 Eybens
Terre en général et promotion internationale

CSTB
24 rue Joseph Fourier - 38400 St Martin d'Heres
Mécanismes fondamentaux

ECOLE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE
CEAA ARCHITECTURE DE TERRE
10, Galerie des Baladins - 38100 Grenoble
Etudes postgraduées sur la construction en terre

ENTPE
Rue Maurice Audin - 69120 Vaulx-en-Velin
Caractérisation

GROUPE PISE
Place Saint Vincent de Paul - 01400 Chatillon-sur-Chalaronne
Pise

INSA DE LYON ET RENNES
20, avenue des Buttes de Coesmes - 35031 Rennes
Terre extrudée et blocs comprimés

GHANA

BRRI
MATERIALS DIVISION
P.O. Box 40 University - Kumasi
Blocs comprimés de laterite

GRAN BRETAÑA

BRE
Overseas Division - Garston Watford WD2 7JR
Stabilisation et blocs comprimés

ITDG
Myson House - Floor 3 - Railway Terrace - Rugby CV 21 3HT
Terre en général

GUATEMALA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
Ciudad Universitaria - Zona 12 - Guatema C.A.
Pise et seismes

INDIA

ASTRA
INDIAN INSTITUTE OF SCIENCE
Bangalore 560012
Caractérisation

CBRI
Roorkee - Uttar Pradesh
Protection

INDONESIA

INSTITUTE OF HUMAN SETTLEMENTS
BUILDINGS MATERIALS DIVISION
Ministry of Public Works - 84 Jalan Tamansari - Bandung
Blocs comprimés de latérite stabilisée à la chaux

ITALIA

ICCROM
13 via di San Michele - 00153 Roma
Préservation

MALI

ADAUA
B.P. 2470 - Bamako
ONG - Construction

CTA
B.P. 120 - Bamako
Adobe et protection

MARRUECOS

LPEE
B.P. 389 - 25 rue d'Azilal - Casablanca
Caractérisaton

MEXICO

INSTITUTO DEL ADOBE
UNAP
21 Sur 1103 - CP 72000 - Puebla
Adobe

UNAM
CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES
Apartado postal 70-360 - México 20, D.F.
Adobe et seismes

PERU

CRATERRE PEROU
Apartado Postal 399 - Huancayo
Terre en général

ININVI
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Apartado 12534 - Lima 21
Adobe et séismes

SENEGAL

CEREEQ
B.P. 189 - Dakar - Hann
Protection

SUDAN

NCR
HOUSING AND ENGINEERING UNIT
P.O. Box 6094 - Khartoum
Blocs comprimés

TAILANDIA

THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC
AND TECHNOLOGICAL RESEARCH
Building Reserarch Division - 196 Phahonyothin
Bangkhen - Bagkok 10900
Blocs comprimés

TOGO

CENTRE DE LA CONSTRUCTION ET DU LOGEMENT
CACAVELLI
B.P. 1762 - Lomé
Terre en général

TUNEZ

INSTITUT TUNISIEN DE TECHNOLOGIE APPROPRIEE
Sidi Bou-Ali 4040 - Tunisie
Terre en général

ESTADOS UNIDOS

ADOBE TODAY
2312 Central Avenue S.W. - P.O. Box 7460 - Albuquerque
New Mexico 87194
Revue

ESDI
P.O. Box 1217 - Corrales
Revue

IFEC
2501 M Street - Suite 450-N.W - Washington D.C. 20037
Promotion internationale

INTERTECT
P.O. Box 10502 Dallas - Texas
Actions et constructions para-sinistres

REII
2319 21 ST. Avenue - Greeley, CO 80631
Pise

VITA
3706 Rhode Island Avenue - Mt. Rainier - Maryland 20822
Terre engénéral

VOLUNTEERS IN ASIA
P.O. Box 4543 - Stanford - California 94305
Bibliothéque en microfiches



Construir con tierra

La publicación de la edición española de "Construire en terre", pretende enriquecer la bibliografía sobre el tema, la cual a pesar de haberse incrementado bastante con la publicación de las investigaciones hechas durante los últimos años, carece de un libro semejante. Este libro presenta las múltiples posibilidades de utilización del material, aunando el conocimiento tradicional y los avances científicos. El lector puede encontrar en él a la vez una visión general y el análisis particular de algunos aspectos importantes de la técnica.

En la traducción se utilizó un lenguaje técnico, evitando los términos regionales, por cuanto la idea del Fondo Rotatorio Editorial conformado por Enda América Latina, Dimensión Educativa y Fedevivienda, es hacer circular este libro a nivel latinoamericano.

El primer tomo está dividido en cuatro capítulos dedicados a las diferentes técnicas: tapia pisada, moldeado directo, adobe y bloques de tierra prensados. En ellos se analizan las diferentes variaciones, las prácticas tradicionales y las nuevas propuestas.

El segundo tomo profundiza en aspectos generales de la técnica constructiva. Se divide en 8 capítulos: análisis de suelos, características de material tierra, estabilización, técnicas mixtas (donde la tierra se combina con otros materiales), cubiertas en tierra, pañetes y pinturas, mezcladoras.

La traducción del libro está complementada con un anexo sobre la arquitectura en tierra en Colombia, el cual contiene las fichas técnicas de diez proyectos realizados por arquitectos, y que resultan particularmente interesantes desde el punto de vista técnico o formal.



enda américa latina
Avenida Calle 40 No. 15-69
A.A. 091369
Tels. 288 2876 - 288 2567
Bogotá - Colombia



fedevivienda
Avenida Calle 40 No. 15-69
A.A. 57059
Tel. 288 0711
Bogotá - Colombia



Dimensión Educativa
Calle 41 No. 13-41
Tel. 245 3146
Bogotá - Colombia